

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANČÍ

Modelování pravděpodobnosti úpadku středoevropských firem

Probability of Default Modeling for Central European Companies

Student: Bc. Eliška Bajgerová

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D.

Ostrava 2014

Zadání diplomové práce

Student: Bc. Eliška Bajgerová
Studijní program: N6202 Hospodářská politika a správa
Studijní obor: 6202T010 Finance
Specializace: 09 Finance
Téma: Modelování pravděpodobnosti úpadku středoevropských firem
Probability of Default Modeling for Central European Companies

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Charakteristika modelů kreditního rizika
3. Aplikace vybraných modelů na data středoevropských firem
4. Analýza a zhodnocení výsledků
5. Závěr

Seznam použité literatury

Seznam ekvivalenc

Podílání o využití výsledků diplomové práce

Seznam příloh

Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury

BLUHM, CH., L. OVERBECK and CH. WAGNER. *An Introduction to Credit Risk Modeling*. 1st ed. Boca Raton, CRC Press LLC, 2003. 286 s. ISBN 1-58488-026-X.
RENTI, Andrea and Andrea SIRIGNI. *Risk Management and Shareholders' Value in Banking*. 1st ed. Chichester: Wiley, 2007. 782 s. ISBN 978-0-470-02978-7.
ZMEŠKAL, Z., D. DLUHOŠOVÁ a T. TICHÝ. *Finanční modely*. 3. přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2013. 267 s. ISBN 978-80-80929-91-0.

Formální náležitosti a obsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování nacházející se ucelených stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Tomáš Tichý, Ph.D.

Datum zadání: 22.11.2013

Datum odevzdání: 15.04.2014

Ing. Zuzana Rámcová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Dr. Ing. Dana Dluhošová
ředitelka fakulty

„Prohlašuji, že jsem celou práci, včetně všech příloh, vypracovala samostatně.“

V Ostravě 25. 4. 2014


.....

Bc. Eliška Bajgerová

Děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Tomáši Tichému, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady poskytnuté při zpracování mé diplomové práce a taktéž za trpělivost při konzultacích.

OSNOVA

1. ÚVOD.....	7
2. CHARAKTERISTIKA MODELŮ KREDITNÍHO RIZIKA	8
2.1 KREDITNÍ (ÚVĚROVÉ) RIZIKO	8
2.1.1 Pojetí kreditního rizika.....	8
2.1.2 Očekávaná ztráta (EL)	9
2.1.3 Neočekávaná ztráta (UL).....	10
2.2 MODELÝ KREDITNÍHO RIZIKA.....	10
2.2.1 Scóringové modely	11
2.2.2 Sofistikované modely.....	15
2.2.3 Popis metodologie modelu CreditMetrics™	19
Stanovení kreditního rizika pro jeden instrument – analytické řešení	21
Stanovení kreditního rizika pro portfolio instrumentů – analytické řešení	23
Stanovení kreditního rizika pro portfolio instrumentů – simulační metoda.....	29
3. APLIKACE VYBRANÝCH MODELŮ NA DATA STŘEDOEVROPSKÝCH FIREM	34
3.1 Popis vybraných firem emitujících dluhopisy.....	34
3.2 Vstupní údaje.....	36
3.3 Stanovení závislosti mezi jednotlivými emitenty	37
3.4 Stanovení pravděpodobnosti přechodu a míry návratnosti	38
3.5 Meze přechodu	39
3.6 Hodnoty obligací.....	40
3.7 Simulace rozdělení pravděpodobnosti portfolia	41
3.8 Kreditní riziko.....	42
4. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	46
5. ZÁVĚR	52
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	54
SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK.....	57
Prohlášení o využití výsledků diplomové práce	
Seznam příloh	

1. ÚVOD

Kreditní riziko patří mezi nejstarší rizika a v dnešní době rozvinutých odběratelsko-obchodních vztahů patří i mezi rizika nejdůležitější. Pravděpodobnost úpadku finančního subjektu je používána ve všech finančních oblastech, ať už se jedná o stanovení bonity dlužníka při poskytnutí úvěru, ratingu firmy či hodnocení pravděpodobnosti úpadku akcií či dluhopisů. Znalost finanční situace obchodního partnera je považována za klíčový prvek v obchodních vztazích. V případě, že by nebyl schopen dostát svým závazkům, hrozí riziko vzniku druhotné platební neschopnosti na straně věřitele, proto je potřeba kreditní riziko sledovat a měřit.

Cílem diplomové práce je modelování úpadku vybraných středoevropských firem pomocí zvoleného modelu měřícího pravděpodobnost vzniku kreditního rizika, propočet parametrů rozdělení pravděpodobnosti kreditního rizika a posouzení vlivu instrumentů zahrnutých v portfoliu a vztahů mezi nimi na rizikovost portfolia.

Práce bude rozdělena do dvou částí, částí teoretické a části praktické. Teoretická část bude obsahovat úvod a popis metodologie, a část praktická bude zahrnovat aplikaci vybraného modelu kreditního rizika na vzorku středoevropských firem a zhodnocení dosažených výsledků.

Ve druhé kapitole budou popsána jednotlivá finanční rizika, dále bude blíže vysvětleno kreditní riziko a také zde budou charakterizovány jednotlivé modely stanovující kreditní riziko, a to modely scóringové, mezi které řadíme modely diskriminační analýzy, regrese a induktivní modely, a modely sofistikované, tedy modely hodnoty aktiv, makroekonomické modely a modely založené na pojistné matematice. Dále bude v rámci této kapitoly charakterizován výpočet kreditního rizika pomocí vybraného modelu CreditMetricsTM pro jeden instrument a také pro portfolio instrumentů, a to jak analyticky, tak simulačně.

Ve třetí kapitole pak bude aplikován vybraný model CreditMetricsTM na vzorek středoevropských firem. V rámci kapitoly budou představeni jednotliví emitenti, budou popsány vstupní data potřebná pro výpočet kreditního rizika, které bude v rámci kapitoly stanoveno pomocí simulace Monte Carlo. V závěru kapitoly budou vymezeny hodnoty parametrů rozdělení pravděpodobnosti a bude provedena grafická analýza.

Ve čtvrté kapitole budou zhodnoceny výsledky zjištěné v rámci kapitoly třetí. Dále zde budou aplikovány přístupy korelace mezi dluhopisy a korelace aktiv, které mají za úkol stanovit, jak jednotlivé instrumenty v portfoliu ovlivňují výši rizika.

2. CHARAKTERISTIKA MODELŮ KREDITNÍHO RIZIKA

Podniky a finanční instituce musí dnes čelit různým finančním rizikům vyskytujícím se na trhu. Finanční riziko lze definovat jako možnou finanční ztrátu subjektu, která v budoucnu nastane, neboť skutečnost se bude lišit od očekávání subjektu. Těmto rizikům se dá předejít, případně se dají zmírnit pomocí řízení rizik.

Finanční rizika lze dělit na tržní, likvidní, operační a kreditní.

Tržní riziko představuje riziko ztráty způsobené změnou hodnoty tržní ceny, respektive ratingu finančního instrumentu či finanční transakce v důsledku změny tržních podmínek. Výše tržního rizika závisí na citlivosti jednotlivých položek bilance na změnu tržní ceny. Podle toho, o jakou tržní cenu se jedná, je tržní riziko rozděleno na měnové, komoditní, akciové a úrokové.

Likvidní riziko je spojeno s nedostatkem likvidity subjektu, tedy s jeho neschopností splatit okamžitě splatné závazky.

Posledním rizikem je **riziko operační**, které lze charakterizovat jako riziko vyplývající z provozních chyb a nedostatků, jako jsou např. chyby zaměstnanců, chyby technologií či teroristické útoky.

Následující podkapitola bude blíže specifikovat **kreditní riziko**, které je hlavní náplní této práce.

2.1 Kreditní (úvěrové) riziko

Kreditní riziko představuje možnost, že neočekávaná změna bonity subjektu může vyvolat neočekávanou změnu v tržní hodnotě úvěrové expozice. S kreditním rizikem je spjata stanovení bonity a ratingu, které charakterizují stupeň důvěry, že protistrana svým závazkům dostojí. Problematika kreditního rizika je blíže rozpracována v Resti a Sironi (2007), Bluhm a kol. (2003), Ambrož (2011) a Witzany (2010).

2.1.1 Pojetí kreditního rizika

V rámci kreditního rizika jsou zahrnuta tři pojetí: riziko úpadku a riziko možného přechodu, riziko jako neočekávaná událost a riziko spojené s úvěrovou expozicí, která budou vysvětlena níže.

Riziko úpadku a riziko možného přechodu

Úvěrové riziko není jen možností selhání protistrany. I pouhé zhoršení bonity subjektu je projevem úvěrového rizika. Toto riziko lze rozdělit na *riziko úpadku*, které představuje riziko ztráty vyplývající z platební neschopnosti dlužníka, a *riziko přechodu*, které vyplývá ze zhoršení ratingu dlužníka.

Měření a řízení kreditního rizika by tak nemělo být založeno na binomickém rozdělení, ale na diskrétním či kontinuálním rozdělení, ve kterém úpadek subjektu představuje extrémní událost vedle událostí jiných, ve kterých zůstává subjekt solventní, ale zvyšuje se pravděpodobnost budoucího úpadku.

Riziko jako neočekávaná událost

Pokud je změna ratingu protistrany neočekávaná, lze hovořit o riziku. V případě, že by banka poskytla úvěr s vědomím, že v budoucnu dojde k zhoršení bonity dlužníka, mělo by dané rozhodnutí vliv nejen na poskytnutí úvěru, ale také na jeho cenu (úrokovou míru). Ve skutečnosti mají na očekávaný vývoj finanční situace dlužníka vliv pravděpodobnost úpadku dlužníka a s ním související úrokové sazby. Skutečné riziko je představováno eventuálním nesprávným hodnocením, které se projeví až v budoucnu zhoršením kvality protistrany. Reálné riziko se tedy vztahuje na události předvídatelné, avšak neočekávané.

Riziko úvěrové expozice

Posledním konceptem v rámci kreditního rizika je pojetí úvěrové expozice. Kreditní riziko není omezeno pouze na úvěry a cenné papíry zachycené v rozvaze, ale zahrnuje také mimo rozvahové operace, jako jsou záruky, *OTC* deriváty, operace s cennými papíry či operace s cizími měnami.

2.1.2 Očekávaná ztráta (*EL*)

Očekávaná ztráta představuje střední hodnotu rozdělení pravděpodobnosti budoucích ztrát.

Stanovení očekávané ztráty je založeno na třech parametrech:

- *očekávaná hodnota úvěrové expozice při úpadku (EAD)*, která představuje náhodnou proměnnou současné expozice zvýšenou o půjčky od teď do data pravděpodobného úpadku,
- *pravděpodobnost úpadku dlužníka (PD)* je stanovována na základě tržních dat a pomocí ratingu. Z tržních dat vychází **koncept očekávané frekvence úpadku** vytvořený korporací KMV. Další metoda založená na tržních datech vychází z úvěrového rozpětí obchodovatelných produktů, které nesou kreditní riziko. Jedná se např. o swapy či deriváty. Druhou metodou stanovení *PD* je **ratingové hodnocení**, které stanovují ratingové agentury jako Moody's, Standard and Poor's či Fitch,
- *očekávaná ztráta při úpadku (LGD)* vyjadřuje část úvěrové expozice, kterou subjekt v případě selhání dlužníka nedostane zpět. Lze jí stanovit jako rozdíl jedné a míry návratnosti (*RR*).

Na základě výše uvedených parametrů lze očekávanou ztrátu stanovit jako

$$EL = EAD \cdot PD \cdot LGD. \quad (2.1)$$

2.1.3 Neočekávaná ztráta (*UL*)

Neočekávaná ztráta je definována jako proměnlivost ztráty okolo její střední hodnoty, tedy okolo očekávané ztráty.

Rozdíl mezi očekávanou a neočekávanou ztrátou je důležitý z ekonomického hlediska. Očekávanou ztrátu není možné odstranit či alespoň snížit pomocí diverzifikace, neočekávanou ztrátu lze naopak snížit pomocí vhodného složení portfolia či rozdělení rizika do různých odvětví, zemí apod. Je-li politika diverzifikace rizika nastavena správně, může dojít ke snížení celkového kreditního rizika.

2.2 Modely kreditního rizika

Modely hodnotící riziko úpadku firmy lze dle *Resti a Sironi (2007)* rozdělit na dvě skupiny. První skupinou jsou často používané scóringové modely, které využívají historických dat z finančních výkazů, ze kterých jsou vypočteny jednotlivé finanční ukazatele.

Těmto ukazatelům je pak přiřazena váha, která odráží význam ukazatele v prognóze úpadku firmy. Výsledkem je tedy index bonity, který odráží možné selhání firmy. Do této kategorie lze zařadit modely diskriminační analýzy, modely regrese a induktivní modely.

Druhou skupinou modelů jsou modely sofistikované, které vznikly v 90. letech 20. stol., a to modely hodnoty aktiv, makroekonomické modely, modely založené na pojistné matematice a modely intenzity.

2.2.1 Scóringové modely

Scóringové modely patří mezi nejrozšířenější modely kreditního rizika. Vycházejí z historických dat. V Tab. 2.1 lze vidět jednotlivé scóringové modely.

Tab. 2.1 Přehled scóringových modelů

modely diskriminační analýzy	Lineární diskriminační analýza
	Lineární pravděpodobnostní model
modely regrese	Logit a Probit modely
	Neuronové sítě
induktivní modely	Genetický algoritmus

Lineární diskriminační analýza je založena na lineární kombinaci nezávislých proměnných, které jsou představovány ukazatele finanční analýzy. Na základě těchto proměnných je možné určit, zda je podnik finančně zdravý či ne. Hranice určující stav podniku je stanovena diskriminační funkcí, která je představována tzv. z skóre. To je konstruováno jako maximální střední hodnota z skóre finančně zdravých a nezdravých podniků (viz vztah (2.2)).

$$z_i = \sum_{j=1}^n \gamma_j x_{i,j}, \quad (2.2)$$

kde z_i je z skóre pro i -tou společnost, n představuje počet nezávislých proměnných, x_i je nezávislá proměnná pro i -tou společnost a γ je koeficient lineární kombinace.

Úspěšnost modelu měří index *Wilksova Lambda*. Lze jej vyjádřit jako poměr mezi součtem odchylek z skóre pro obě skupiny podniků a celkovou odchylku dle vztahu (2.3).

$$\Lambda = \frac{\sum_{i \in A} (z_i - z_A)^2 + \sum_{i \in B} (z_i - z_B)^2}{\sum_{i=1}^n (z_i - \bar{z})^2}, \quad (2.3)$$

kde z_i je z scóre jednotlivého podniku, A jsou dobré společnosti, B špatné společnosti a \bar{z} představuje střední hodnotu z_i pro celý vzorek podniků.

Nejznámějším výsledkem získaným aplikací lineární diskriminační analýzy je *Altmanovo Z scóre*, které bylo vytvořeno na základě analýzy veřejně obchodovatelných amerických podniků. Z scóre je představováno součinem pěti nezávislých proměnných, kterým je přiřazena váha (viz vztah (2.4)).

$$Z = 1,2 \cdot X_1 + 1,4 \cdot X_2 + 3,3 \cdot X_3 + 0,6 \cdot X_4 + 1,0 \cdot X_5, \quad (2.4)$$

kde je Z z scóre, X_1 pracovní kapitál/celková aktiva, X_2 nerozdělený zisk/celková aktiva, X_3 zisk před úroky a daněmi/celková aktiva, X_4 tržní cena akcií/celkové dluhy, X_5 celkové tržby/celková aktiva.

Dosahuje-li z scóre hodnot větších než 2,99, jedná se o podniky s malou pravděpodobností bankrotu. Podniky s rizikem bankrotu dosahují hodnoty z scóre menší než 1,81.

Lineární pravděpodobnostní model stanovuje proměnné vedoucí k úpadku společnosti a také jejich váhy pomocí modelu jednoduché lineární regrese, který sestává ze čtyř kroků.

Nejprve je vybrán dostatečně velký vzorek společností, které jsou pak rozděleny do dvou skupin podle hodnoty dummy proměnné y . Tato proměnná nabývá hodnot jedna a nula. Finančně zdravé podniky (dobří dlužníci) dosahují hodnoty jedna, podniky ohrožené defaultem (špatní dlužníci) hodnoty nula.

Poté dochází k výběru nezávislých proměnných pro každou společnost. Za nezávislé proměnné jsou považovány ukazatele finanční analýzy stanovené pro období před defaultem.

Dalším krokem je odhad jednotlivých koeficientů a úrovnové konstanty pomocí metody nejmenších čtverců (viz vzorec (2.5)).

$$y_i = \alpha + \sum_{j=1}^m \beta_j x_{i,j} + \varepsilon_i, \quad (2.5)$$

kde β představuje úrovnovou konstantu, α vyjadřuje hranici mezi dobrými a špatnými dlužníky a ε_i je náhodná složka.

Posledním krokem je stanovení pravděpodobnosti úpadku podniků, které nově žádají o úvěr.

Problémem modelu je, že pravděpodobnost selhání y_i může dosahovat hodnot větších než jedna či menších než nula a rozptyl reziduí je nekonstantní, což způsobuje nepřesnost a zkreslenost modelu. Z těchto důvodů jsou v praxi více využívány modely nelineárních funkcí, jako jsou modely Logit a Probit.

Logit a Probit modely odstraňují tedy nedostatky modelů lineárních pomocí exponenciální transformace vyjádřené dle vzorce (2.6).

$$y_i = f(\omega_i) = \frac{1}{1 + e^{-\omega_i}}, \quad (2.6)$$

kde nezávisle proměnná ω_i je dána lineární funkcí finančních ukazatelů x_{ij} (viz vzorec (2.7)).

$$\omega_i = \alpha + \sum_{j=1}^m \beta_j x_{i,j}. \quad (2.7)$$

Po dosazení vztahu (2.6) do vzorce (2.7) a přidání náhodné proměnné ε_i je získán Logit model:

$$y_i = \frac{1}{1 + e^{-\alpha - \sum_j \beta_j x_j}} + \varepsilon_i. \quad (2.8)$$

Exponenciální funkce nabývá hodnot od nuly do jedničky. Tím je zaručeno, že hodnoty pravděpodobnosti selhání budou dosahovat pouze hodnot od nuly do sta procent.

Probit model je založen na stejném principu jako model Logit. Jediným rozdílem mezi modely je, že v Probit modelu je využívána funkce hustoty kumulativního normálního rozdělení.

Neuronové sítě jsou založeny na induktivním přístupu. Jestliže je na začátku vzorku nalezeno jisté empirické pravidlo, je pak použito pro předpovídání úpadku jiných společností. Proto bývá model nazýván „černou skříňkou“. Výsledky jsou generovány rychle, avšak je těžce pochopitelné, jakou logikou jsou vytvořeny.

Neuronové sítě jsou složeny z množství prvků zvaných „neurony“, které jsou napojeny na jednoduché vazby „synapse“. Neurony jsou seřazeny ve vrstvách. Každý neuron nacházející se v nejvzdálenější vrstvě sítě obdrží n proměnných a zpracuje je pomocí lineární či nelineární funkce. Výsledek je zapsán do další vrstvy neuronů, které jej zpracují pomocí další funkce, a výsledek je opět zapsán do následující vrstvy neuronů. Tento postup je opakován ve všech skrytých vrstvách a poté je vygenerován konečný výsledek, který pro zdravé společnosti dosahuje hodnot okolo nula a pro společnosti ohrožené defaultem nabývá hodnot okolo jedna.

Koeficienty elementárních funkcí tvořící síť jsou odhadovány pomocí iteračního mechanismu. V praxi se hodnoty koeficientů upravují dalšími iteracemi tak dlouho, dokud nejsou dosaženy požadované hodnoty. Neuronové sítě jsou tedy postupným pokusem, jak získat správné váhy proměnných a synapsí ve skrytých vrstvách.

Genetický algoritmus je taktéž jako neuronové sítě založen na chování živých organismů. V rámci genetického algoritmu je napodobován proces evoluce. Vytvářející se jedinci jsou v rámci modelu nahrazeni možnými řešeními problému.

Předpokladem modelu je vytvoření funkce založené na finančních ukazatelích (x_1, x_2, \dots, x_n) sestavených tak, aby finančně zdravé společnosti byla přiřazena co největší váha a finančně nezdravé společnosti váha co nejnižší. Pro zjednodušení je pracováno s lineární funkcí určenou vztahem (2.9)

$$z = \alpha_0 + \alpha_1 x_1 + \alpha_2 x_2 + \dots + \alpha_n x_n, \quad (2.9)$$

a každé řešení je reprezentováno vektorem $\alpha = [\alpha_0 \dots \alpha_n]$, který uvádí váhu a algebraické znaménko pro jednotlivé finanční ukazatele obsažené v lineární funkci z . Nabývá-li α hodnoty nula, finanční ukazatele odpovídající daným α nejsou v tomto řešení použity.

Genetické algoritmy nezaručují nalezení nejlepšího řešení, ale umožňují velmi rychle nalézt dobré řešení. Využívají se především v oblastech, kde jiné metody nedosáhly odpovídajících výsledků.

2.2.2 Sofistikované modely

V této podkapitole budou blíže popsány jednotlivé sofistikované modely, mezi které patří modely hodnoty aktiv, makroekonomické modely, modely založené na pojistné matematice a modely intenzity. Pro lepší orientaci jsou jednotlivé modely shrnuty v Tab. 2.2.

Tab. 2.2 Přehled sofistikovaných modelů

modely hodnoty aktiv	CreditMetrics™
	KMV model
makroekonomické modely	Credit Portfolio View™
modely založené na pojistné matematice	CreditRisk+™

CreditMetrics™ je model publikovaný skupinou RiskMetrics™ Group, kterou vytvořila investiční banka J. P. Morgan, a je založen na pravděpodobnosti změny bonity subjektu během jednoho roku.

Model je vytvořen na základě Mertonova modelu (1974), který vychází z Black – Scholesova modelu oceňování opcí (1973). Mertonův model propojuje kreditní riziko s kapitálovou strukturou firmy.

CreditMetrics™ byl původně sestaven pro dluhopisy oceněné tržními daty. Jeho modifikace se dnes používá pro měření kreditního rizika celého portfolia, které je sestaveno z půjček, úvěrů, dluhopisů, pohledávek aj.

Základem metody je sestavení tzv. migrační matice, která zahrnuje pravděpodobnost změny kvality instrumentu během určitého časového období. Není tedy sledováno pouze selhání emitenta či příjemce úvěru, ale i změna ratingu finančního instrumentu. Ve skutečnosti

není pravděpodobnost defaultu odvozena z charakteristik společnosti, ale z historických dat úpadku a migrace ratingového hodnocení. Proto bývá nazýván jako agnostický model.

Model vychází ze základních principů:

1. *Ceny dnešních obligací jsou ovlivněny ratingy.* Ratingy instrumentů jsou stanovovány ratingovými společnostmi. Každý rating vychází ze specifické struktury úrokových sazeb a lze tak oceňovat dluhopisy s různou dobou splatnosti.
2. *Budoucí ceny obligací jsou ovlivněny jejich budoucími ratingy.* Pro získání budoucí struktury úrokových sazeb jsou využívány úrokové sazby dnešní. To znamená, že budoucí ceny obligací jsou také ovlivněny budoucím ratingem.
3. *Pravděpodobnost přechodu ratingového hodnocení je získávána z historických dat.* Ratingové agentury monitorují a pravidelně zveřejňují pravděpodobnosti přechodu ratingového hodnocení. Na základě těchto dat lze snadno namodelovat rozložení budoucích tržních hodnot pomocí simulace Monte Carlo.
4. *Korelace pravděpodobnosti přechodu ratingu je odvozována z korelací aktiv.* Pro znázornění pravděpodobnosti přechodu ratingu většího počtu dluhopisů různých vlastníků je potřeba vzít v úvahu jejich korelace. Dochází tak k propojení hodnoty podnikových aktiv a celkového dluhu podniku.
5. *Korelace aktiv jsou odhadovány na základě sledování indikátorů různých ekonomických sektorů.* Aby bylo možné odhadnout korelace jednotlivých firem, je potřeba znát korelace odvětvových indikátorů, které jsou získány z údajů akciového trhu.
6. *Odhadem budoucích ratingových hodnocení a tržních hodnot všech dluhopisů v portfoliu je na určité hladině pravděpodobnosti získáno portfolio hodnot empirického rozdělení a očekávané a neočekávané ztráty.* V praxi jsou nejprve simulovány indexy návratnosti s danou korelační strukturou. Poté jsou teprve modelovány nezávislé faktory specifické pro firmu. Vypočtené výnosy aktiv jsou převedeny do nových ratingů a tržních hodnot.

Mezi výhody modelu lze zařadit práci s tržními daty, která jsou považována za objektivní, bere v úvahu jak riziko úpadku, tak riziko přechodu ratingového hodnocení, využívá přístup tzv. tržní hodnoty založené na tom, že současná hodnota dluhu se přenáší

do budoucích peněžních toků, a uznává asymetrické rozdělení budoucích hodnot úvěrového portfolia.

Za nevýhodu modelu lze považovat skutečnost, že většinu vstupních dat potřebných pro model je možné získat pouze v případě, že má banka svůj vlastní odhad přechodových matic, a že existuje likvidní trh, ze kterého lze získávat informace o forwardových sazbách, které jsou požadovány pro různě hodnocené úvěry. Model předpokládá, že banka je příjemcem ceny. Stanovení přírážky za úvěrové riziko je tedy nezávislé na politice banky, neboť je určena na základě ratingového hodnocení dlužníka.

Další nedostatek modelu se týká omezené použitelnosti historických přechodových matic. Historické frekvence nemusí správně odrážet budoucí pravděpodobnosti, a to ani v případě, že je přechodová matice stabilní v čase. Taktéž nelze předpokládat, že by všechny firmy patřící do jedné ratingové třídy měly tyto pravděpodobnosti stejné. Vysvětlením je, že model CreditMetricsTM je reduced-form model a nebere tak v úvahu charakteristiky jednotlivých společností, ale využívá pouze průměrné hodnoty dané příslušnou ratingovou třídou.

Výpočet kreditního rizika pomocí modelu CreditMetricsTM bude podrobněji popsán v podkapitole 2.2.3.

KMV model neboli Portfolio ManagerTM publikovaný Kealhoferem, McQuownem a Vašíčkem (1984) odstraňuje některé nedostatky modelu CreditMetrics+. **KMV model** Vychází z Mertonova modelu (1974) založeném na teorii oceňování opcí a rozšiřuje tuto myšlenku o sledování přechodů mezi jednotlivými kreditními stupni.

Model využívá koncept očekávané frekvence úpadku. Odhady pravděpodobnosti úpadku a tržní hodnoty rizikového dluhu jsou získány z tržních dat na základě použití teorie oceňování opcí. Model nepracuje s historickými pravděpodobnostmi ratingových přechodů ani s rizikově upravenými diskontními sazbami.

Nevýhodou tohoto přístupu je, že je vhodný pro portfolia úvěrů, dluhopisů či veřejně obchodovatelné společnosti, ale nelze jej použít pro portfolia malých a středních podniků, u kterých nejsou dostupná data z akciového trhu.

Model **Credit Portfolio ViewTM** (*CPV*) je založený na ekonometrické analýze zkoumající vztah změny bonity a makroekonomického cyklu. Tento model byl vytvořen firmou McKinsey.

To, že je změna bonity ovlivněna makroekonomickým cyklem, je patrné z přechodu ratingů do vyšších tříd při ekonomickém růstu a naopak při recesi se projevuje přechod do nižších tříd. Proto by měly být přechodové matice v modelu upraveny tak, aby respektovaly aktuální hospodářský cyklus. Na základě předchozích poznatků model navrhuje propojení pravděpodobností ratingových přechodů a výchozích makroekonomických ukazatelů.

Pravděpodobnost úpadku je pak stanovena dle vztahu (2.10).

$$p_{jt} = \frac{1}{1 + e^{-y_{jt}}}, \quad (2.10)$$

kde p_{jt} je pravděpodobnost defaultu, $y_{j,t}$ představuje hodnotu „indexu zdraví“ segmentu j založeného na makroekonomických faktorech v čase t .

Za výhodu modelu lze považovat skutečnost, že je v rámci něj vysvětlován vztah mezi makroekonomickými ukazateli a rizikem úvěrového portfolia. Zhoršení ekonomické situace zhorší i hospodářský výhled dlužníka, což má za následek zvýšení pravděpodobnosti defaultu dlužníka.

Model má také své nevýhody. Jako první lze jmenovat potřebu dostatečně velkého vzorku historických dat o míře selhání jednotlivých segmentů. Za druhé, kritérium úpravy přechodové matice o hospodářský cyklus založené na modelovaných pravděpodobnostech úpadku na základě spekulativního stupně ratingové třídy, je poněkud subjektivní. Není tedy řečeno, že model bude dosahovat lepších výsledků, než jaké je možné získat od bankovních analytiků.

Mezi modely založené na pojistně matematických principech patří model **CreditRisk+TM**. Tento model byl vyvinut Credit Suisse Financial Products. Na rozdíl od předešlých modelů se nesleduje změna ratingu dlužníka, ale předpokládá se, že úpadek dlužníka se řídí Poissonovým rozdělením. Pravděpodobnost úpadku $p(n)$ je stanovena dle vzorce (2.11).

$$p(n) = \frac{e^{-\mu} \mu^n}{n!}, \quad (2.11)$$

kde n je počet úpadků a μ představuje sumu pravděpodobností úpadků všech zákazníků v portfoliu.

Ztráty pojišťoven jsou odvozeny ze dvou základních proměnných, a to frekvence, s jakou událost nastane, a částka, kterou musí zaplatit v případě, že událost nastane. Lze si povšimnout obdoby s kreditním rizikem, u kterého ztráty závisí na frekvenci úpadků a na míře ztráty při selháních. Na základě této analogie je možné použít pojišťovací modely k odhadu úvěrových ztrát.

Model CreditRisk+TM pracuje pouze s rizikem ztráty, riziko přechodu do jiné ratingové kategorie není uvažováno. Vzhledem k tomu, že proměnné expozice v případě selhání dlužníka a míra návratnosti jsou určeny deterministicky, není možné odhadnout ani riziko expozice ani míru návratnosti.

Tento přístup je vhodné využít při stanovení rizika portfolií s velkým počtem pozicí. Taktéž je využíván v managementech bank pro řízení tradičních portfolií, jako jsou poskytnuté úvěry malým a středním podnikům, spotřebitelské úvěry či hypotéky.

Model nevysvětluje proces vedoucí k úpadku dlužníka, ani nestanovuje hodnotu pravděpodobnosti úpadku, ale předpokládá, že pravděpodobnost úpadku dlužníka a míra návratnosti jejich půjček již byla stanovena bankou.

2.2.3 Popis metodologie modelu CreditMetricsTM

Tato podkapitola bude věnována bližší charakteristice modelu CreditMetricsTM, taktéž bude popsáno stanovení kreditního rizika pomocí výše zmíněného modelu. Metodika bude vycházet z dokumentu nazvaného CreditMetricsTM – Technical Document (2007).

CreditMetricsTM je model, který popisuje riziko portfolia pomocí změn v hodnotě závazků zapříčiněných změnou dlužníkovu ratingu a také jeho možným defaultem. Model lze použít jak pro stanovení kreditního rizika jednotlivého instrumentu, tak celého portfolia.

Model využívá metodologii Value at Risk (*VaR*), která převádí rizika na společného jmenovatele, kterým je změna hodnoty portfolia dluhových instrumentů. *VaR* představuje maximální možnou ztrátu na určité hladině pravděpodobnosti za stanovenou dobu. Výpočet lze provést analyticky či pomocí simulace Monte Carlo.

Základem metody je tzv. přechodová matice, která stanovuje pravděpodobnost změny ratingového stupně za určité časové období. Lze tak říci, že rating je nejdůležitějším prvkem analýzy kreditního rizika. Kreditní stupeň je stanovován ratingovými společnostmi Moody's, Standard & Poor's aj. Pro ohodnocení ratingového stupně se využívají písmena abecedy. Souhrnný přehled těchto ohodnocení včetně sdruženého ratingového stupně použitého v této práci lze nalézt v Tab. 2.3.

Tab. 2.3 Ratingové stupně

Moody's	S&P's	sdrúžené ratingové stupně	popis ratingového stupně	
Aaa	AAA	AAA	investiční stupeň	minimální kreditní riziko
Aa1	AA+	AA		velmi nízké kreditní riziko
Aa2	AA			
Aa3	AA-			
A1	A+	A		nízké kreditní riziko
A2	A			
A3	A-			
Baa1	BBB+	BBB		mírné kreditní riziko
Baa2	BBB			
Baa3	BBB-			
Ba1	BB+	BB	spekulativní stupeň	významné kreditní riziko
Ba2	BB			
Ba3	BB-			
B1	B+	B		vysoké kreditní riziko
B2	B			
B3	B -			
Caa1	CCC+	CCC		velmi vysoké kreditní riziko
Caa2	CCC			
Caa3	CCC-			
Ca	CC	CC		v selhání či blízko selhání, ale s možností splácení
	C			
C	SD	Default		v selhání, s nízkou šancí na splacení
	D			

Zdroj: www.cnb.cz

Stanovení kreditního rizika pro jeden instrument – analytické řešení

V této části práce bude popsán výpočet kreditního rizika pro jeden instrument, kterým je v tomto případě jednoletá obligace.

Základem výpočtu je stanovení přechodové matice. Období, za které je přechodová matice sestavována, musí odpovídat době splatnosti dluhopisu. Víceleté přechodové matice je opět možné převzít od ratingové společnosti či je odvodit z jednoleté matice přechodu jako součin této matice. Dvouletou matici přechodu je možné stanovit dle *Zmeškal a kol. (2013, str. 72)* jako:

$$P^2 = P \cdot P = \begin{bmatrix} p^2 & (1-p) \cdot p \\ 0 & 1 \end{bmatrix}, \quad (2.12)$$

kde p^2 představuje pravděpodobnost, že nedojde ke změně ratingu a dlužník své závazky uhradí, a $(1-p) \cdot p$ je pravděpodobnost, že dojde k defaultu a nebude zapláceno. Těmto případům také odpovídají zbylé prvky matice 0 a 1, neboť při plném splácení se nepředpokládá neuhrazení závazků a při defaultu se neuvažuje se zlepšením platební morálky dlužníka.

Z dvouleté přechodové matice lze analogicky odvodit matici přechodu pro n let (viz vztah (2.13)).

$$P_T = \begin{bmatrix} p^T & (1-p) \cdot \sum_{t=0}^{T-1} p^t \\ 0 & 1 \end{bmatrix}. \quad (2.13)$$

V případě defaultu je hodnota dluhopisu závislá na míře návratnosti, která se liší podle druhu seniority dluhopisu. Čím větší senioritu instrument má, tím větší prioritu má věřitel při vypořádání.

Tab. 2.4 Míra návratnosti dle seniority (v %)

třída seniority	střední hodnota	směrodatná odchylka
Senior Secured	53,80	26,86
Senior Unsecured	51,13	25,45
Senior Subordinated	38,52	23,81
Subordinated	32,74	20,18
Junior Subordinated	17,09	10,90

V případě, že default nenastane, je potřeba zkonstruovat forwardovou křivku s nulovým kuponem pro každou ratingovou kategorii. Pomocí ní je pak stanovena hodnota dluhopisu pomocí diskontování očekávaných budoucích finančních toků plynoucích z obligace, tedy přepočtem na současnou hodnotu. Pro stanovení ceny dluhopisu je použit vztah (2.14).

$$V_B = \frac{C}{(1+r)} + \frac{C}{(1+r)^2} + \dots + \frac{C}{(1+r)^T} + \frac{NH}{(1+r)^T}, \quad (2.14)$$

kde C je kupon, r představuje úrokovou míru dluhopisu, NH je nominální hodnota dluhopisu a T je doba splatnosti dluhopisu.

Posledním krokem je výpočet samotného kreditního rizika, které se stanoví pomocí směrodatné odchylky nebo percentilu. Nejprve bude výpočet proveden pomocí **směrodatné odchylky**. Nejprve je potřeba vypočítat střední hodnotu μ podle následujícího vzorce

$$\mu = \sum_{i=1}^s p_i \cdot V_i, \quad (2.15)$$

kde s představuje počet ratingových kategorií, p_i je pravděpodobnost přechodu z jedné ratingové kategorie do kategorie i , V_i je hodnota dluhopisu po přechodu do i -té ratingové kategorie.

Směrodatná odchylka je pak vypočtena jako odmocnina z rozptylu dle vzorce (2.16).

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^s p_i \cdot V_i^2 - \mu^2}. \quad (2.16)$$

Výše uvedený vzorec je zjednodušeným pohledem na problematiku celého výpočtu, protože uvažuje pouze s vazbou mezi střední hodnotou a danou ratingovou kategorií, pro kterou je počítána. Ve skutečnosti může existovat vazba mezi střední hodnotou a jinou ratingovou kategorií, a to v podobě nejistoty, která tak byla zakomponována do následujícího vzorce.

$$\sigma = \sqrt{\sum_{i=1}^s p_i (\mu_i^2 + \sigma_i^2) - \mu^2}, \quad (2.17)$$

kde μ_i^2 představuje budoucí hodnotu.

Vzorec pro výpočet střední hodnoty je zachován, pouze došlo ke změně u směrodatné odchylky. Do jejího výpočtu byla zakomponována směrodatná odchylka reprezentující nejistotu výplaty míry návratnosti při defaultu σ_s . Je nutné poznamenat, že za střední hodnotu je v rámci upraveného výpočtu dosazována hodnota nula, a to proto, že není jasné, zda nejistotu představuje systematické či jedinečné riziko.

Druhým způsobem stanovení kreditního rizika je pomocí **percentilu**, který představuje pravděpodobnost přechodu do nižší ratingové kategorie. Výpočet pomocí percentilu je vhodný pro portfolia obsahující hodně rozdílných hodnot a v takových případech je percentil stanoven pomocí simulace.

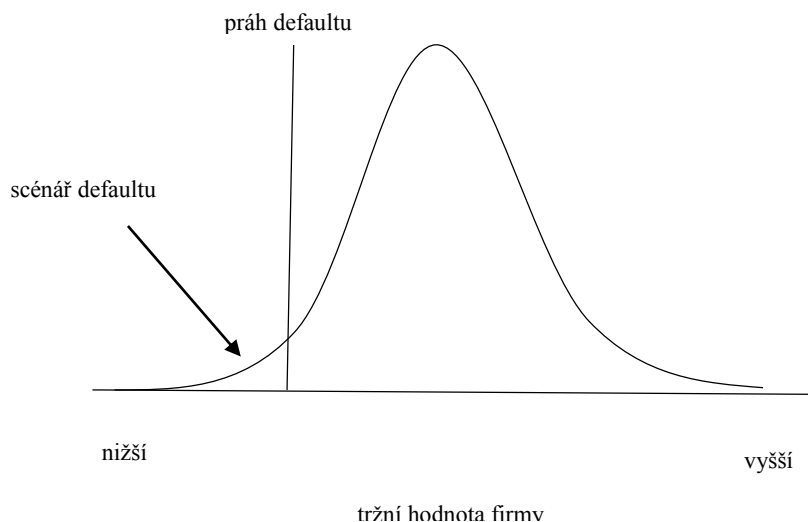
Stanovení kreditního rizika pro portfolio instrumentů – analytické řešení

Výpočet kreditního rizika pro portfolio instrumentů je obdobný jako výpočet pro jeden instrument s jedinou odlišností, kterou je stanovení odhadu působení korelací aktiv na riziko. Je tedy nutné sestavit sdružené pravděpodobnosti přechodu. Čím menší bude korelace aktiv, tím menší bude riziko.

Nejjednodušším způsobem stanovení sdružených pravděpodobností přechodu je násobek individuálních pravděpodobností s nulovou korelací. Tento přístup je však nerealistický, neboť ratingy a pravděpodobnosti přechodu jsou ovlivněny makroekonomickými proměnnými a nulové korelace mezi aktivy tak nelze dosáhnout. Z tohoto důvodu byl vytvořen model hodnoty aktiv, který propojuje hodnotu aktiv firmy s ratingovým ohodnocením.

Model hodnoty aktiv vychází z Mertonova přístupu, který považuje default za funkci vlastního kapitálu firmy. Tržní hodnota firmy je považována za náhodnou proměnnou s určitým rozdělením pravděpodobnosti. Spadne-li hodnota aktiv pod hodnotu závazků, tj. práh defaultu, dojde k defaultu firmy a její věřitelé nebudou uspokojeni. Tuto skutečnost zobrazuje následující obrázek (viz Obr. 2.1).

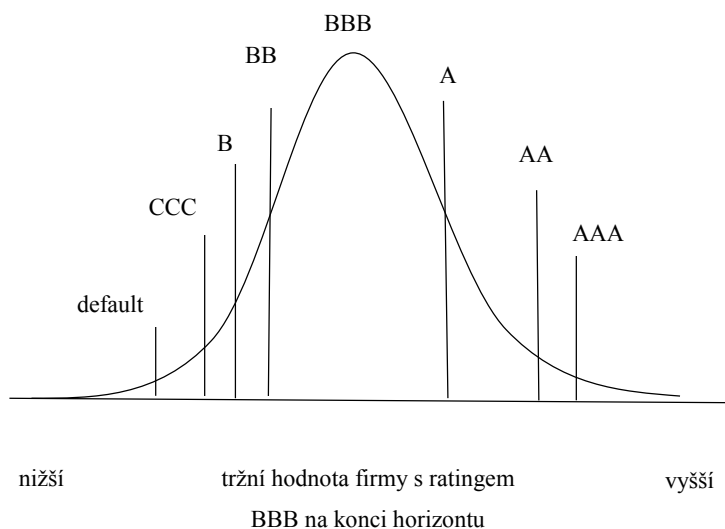
Obr. 2.1 Model tržní hodnoty firmy a její práh defaultu



Zdroj: CreditMetricsTM – Technical Document (2007, str. 37)

Mertonův model lze snadno rozšířit o změny ratingů, což znamená, že model zahrnuje jak práh defaultu, tak prahy přechodu ratingů. Nejvíce pravděpodobné je, že firma zůstane ve stejné ratingové kategorii. Čím větší bude vzdálenost od původní ratingové kategorie, tím menší bude pravděpodobnost přechodu (viz Obr. 2.2).

Obr. 2.2 Model hodnoty aktiv s prahy přechodu



Zdroj: CreditMetricsTM – Technical Document (2007, str. 37)

Není řečeno, že pravděpodobnosti defaultu musí být stanoveny pomocí volatility hodnoty vlastního kapitálu. Metoda CreditMetricsTM předpokládá, že každému dlužníku je přiřazeno ratingové hodnocení, které obsahuje pravděpodobnost defaultu. Pro přístup CreditMetricsTM není podstatné, jak je pravděpodobnost defaultu stanovena, protože je považována za vstupní parametr.

Po sestavení matice přechodů sdružených pravděpodobností následuje výpočet střední hodnoty a směrodatné odchylky portfolia dle vzorce (2.15) a (2.16). Střední hodnotu je možné vypočítat jako sumu individuálních hodnot, směrodatná odchylka se ale takto vyjádřit nedá, protože riziko dosahuje jiné výše, než jaké je dosaženo součtem jednotlivých hodnot, a to z důvodu diverzifikace. Pro stanovení kreditního rizika je opět možné použít jak směrodatnou odchylku, tak percentil.

Při vytvoření portfolia, tj. přidáním aktiva, dochází ke vzniku tzv. mezního rizika. To je definováno jako rozdíl mezi hodnotou směrodatné odchylky portfolia a hodnotou směrodatné odchylky bez přidaného aktiva. Mezní riziko dosahuje menších hodnot než samostatná směrodatná odchylka, neboť na něj působí efekt diverzifikace portfolia. Na základě těchto hodnot je pak možné vyvodit, které aktivum je vhodné diverzifikovat.

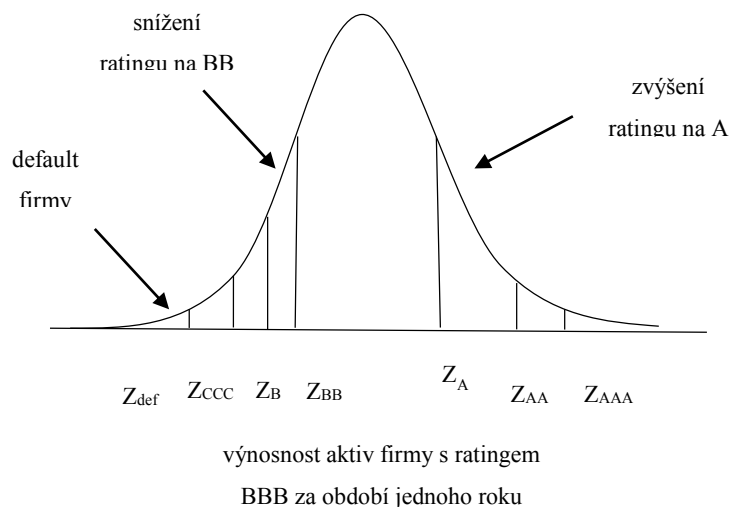
Dalším krokem je stanovení výnosů jednotlivých aktiv dle vztahu (2.18).

$$R = \frac{\ln S_t}{\ln S_{t-1}}, \quad (2.18)$$

kde R představuje výnos, S_t hodnotu aktiva v čase t a S_{t-1} hodnotu aktiva v čase $t-1$. Předpokládá se, že výnosy mají normální normované rozdělení N s parametry $(0, 1)$, kde nule je rovna střední hodnota μ a jedničce směrodatná odchylka σ . Střední hodnota zde nepředstavuje volatilitu rizika, ale volatilitu výnosnosti jednotlivých aktiv.

Následně je možné stanovit vztah mezi pravděpodobnostmi přechodu ratingů a prahy přechodu výnosnosti jednotlivých aktiv (viz Obr. 2.3).

Obr. 2.3 Rozdělení výnosnosti aktiv a přechodu ratingů



Zdroj: CreditMetrics™ – Technical Document (2007, str. 88)

Z Obr. 2.3 je patrné, že pokud hodnota výnosu bude menší než Z_{def} , dochází k defaultu firmy. Je-li $Z_{def} < R < Z_{CCC}$, dochází k poklesu ratingu firmy z BBB na CCC apod. Na základě stanoveného předpokladu o normálním rozdělení výnosů jsou stanoveny pravděpodobnosti, se kterými ke každé změně může dojít.

$$\Pr\{default\} = \Pr\{R < Z_{def}\} = \Phi\left(\frac{Z_{def}}{\sigma}\right), \quad (2.19)$$

$$\Pr\{CCC\} = \Pr\{Z_{def} < R < Z_{CCC}\} = \Phi\left(\frac{Z_{CCC}}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{Z_{def}}{\sigma}\right),$$

kde Pr je pravděpodobnost a Φ je kumulativní distribuční funkce normálního normovaného rozdělení. Pravděpodobnost vyjádřená kumulativní distribuční funkcí normálního normovaného rozdělení musí dosahovat stejných hodnot jako pravděpodobnost přechodu ratingové kategorie z přechodové matice. Pro Z_{def} vypadá výpočet následovně.

$$Z_{def} = \Phi^{-1}(p) \cdot \sigma, \quad (2.20)$$

kde $\Phi^{-1}(p)$ je kvantil z normovaného normálního rozdělení a představuje hodnotu, pod kterou proměnné s normálním normovaným rozdělením klesnou na dané hladině pravděpodobnosti.

Do teď bylo hodnocení zaměřeno na jednotlivé dlužníky a jejich vývoj aktiv. Od této chvíle je nutné jednotlivé dlužníky brát jako jeden celek, jako portfolio. Stále se vychází z předpokladu, že hodnoty odpovídají normálnímu normovanému rozdělení a hodnoty vykazují vzájemnou korelaci. Následujícím krokem je sestavení kovarianční matice C dle vzorce (2.21).

$$C = \begin{pmatrix} \sigma_x^2 & \rho_{xy} \sigma_x \sigma_y \\ \rho_{xy} \sigma_x \sigma_y & \sigma_y^2 \end{pmatrix}, \quad (2.21)$$

kde $\rho_{xy} \in \langle -1; 1 \rangle$ a představuje korelaci mezi výnosy jednotlivých aktiv σ_x a σ_y .

Po stanovení kovarianční matice je zapotřebí určit, jak se vyvíjejí ratingy dlužníků společně. Konkrétně bude stanovena pravděpodobnost, že ratingy dlužníků zůstanou ve stejné ratingové kategorii. Za předpokladu nulové korelace mezi dlužníky se pravděpodobnost určí jako součin individuálních pravděpodobností. V případě, že korelace bude různá od nuly, stanoví se pravděpodobnost pomocí vztahu (2.22). Pro následující vzorec bude předpokládáno, že jeden dlužník bude ohodnocen ratingem BB a druhý dlužník (značen ') ratingem A.

$$\Pr \{ Z_B < R < Z_{BB}; Z'_{BBB} < R' < Z'_A \} = \int_{Z_B}^{Z_{BB}} \int_{Z'_{BBB}}^{Z'_A} f(r; r'; C) (dr') dr, \quad (2.22)$$

kde $f(r; r'; C)$ je funkce hustoty normálního normovaného rozdělení s kovarianční maticí. Je nutné poznamenat, že výpočet nezávisí na směrodatných odchylkách. Ty jsou obsaženy v pravděpodobnostech přechodu jednotlivých dlužníků. Ve výsledku tedy ovlivňují riziko portfolia pravděpodobnosti přechodu pro každého dlužníka a korelace mezi výnosy aktiv.

V případě, že oba dlužníci půjdou do defaultu, stanoví se korelace mezi nimi jako

$$\rho_D = \frac{p_{12} - p_1 p_2}{\sqrt{p_1(1-p_1) \cdot p_2(1-p_2)}}, \quad (2.23)$$

kde ρ_D je korelace dlužníků při defaultu, p_1 a p_2 jsou pravděpodobnosti defaultu prvního a druhého dlužníka. Korelace mezi dlužníky při defaultu je tedy funkcí pravděpodobností defaultu obou dlužníků.

Posledním krokem je odhad korelací výnosů aktiv, které se dají stanovit více metodami. Nejjednodušším způsobem je použití fixní hodnoty korelace pro všechny páry dlužníků v portfoliu. Tento přístup je použitelný pro velký počet individuálních korelací, avšak vzhledem k velikosti portfolia, není možné určit např. riziko nadměrné koncentrace portfolia do jednoho odvětví. Hodnoty korelací se pohybují v rozmezí od 20 % do 35 %.

Základním a dobře pozorovatelným zdrojem informací o specifických korelacích je výnosnost vlastního kapitálu. Korelace výnosnosti aktiv budou tedy nahrazeny korelacemi výnosnosti vlastního kapitálu. Nedostatkem této metody je, že přehlíží rozdíly mezi korelací výnosů aktiv a vlastního kapitálu, ale je přesnější než fixní hodnoty a je založená na snadno dostupných datech.

Jak již bylo řečeno, pomocí korelací výnosnosti aktiv je tedy možné stanovit korelace pro všechny páry dlužníků v portfoliu. Nicméně tento přístup je neudržitelný, a to pro nedostatek dat pro mnoho dlužníků a nemožnost vytvoření korelační matice v potřebném rozsahu. Proto je použita metodologie, která je založena na korelaci indexů, a z těchto korelací jsou pak sestaveny korelace mezi dlužníky.

Celá metodika je založena na dvou krocích. Nejprve se sestaví korelační matice z odvětvových indexů jednotlivých zemí a po té se zmapuje individuální podíl dlužníka na odvětví. Korelace mezi dlužníky se stanoví z podílů a korelací jednotlivých odvětví. Pro každý index se sestaví výnos a vypočte se střední hodnota a směrodatná odchylka.

$$\bar{R}^{(k)} = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T R_t^{(k)}, \quad (2.24)$$

kde \bar{R} je střední hodnota, k je index, pro který je střední hodnota počítána, T představuje celkovou dobu, za kterou je průměr počítán. Směrodatná odchylka se stanoví dle následujícího vztahu.

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (R_t^{(k)} - \bar{R}_t^{(k)})^2}. \quad (2.25)$$

Poté se stanoví kovariance těchto výnosů

$$COV(k,l) = \frac{1}{T-1} \sum_{t=1}^T (R_t^{(k)} - \bar{R}^{(k)}) \cdot (R_t^{(l)} - \bar{R}^{(l)}), \quad (2.26)$$

a následně i korelace

$$\rho_{k,l} = \frac{COV(k,l)}{\sigma_k \sigma_l}. \quad (2.27)$$

Tato metoda umožňuje stanovit konkrétní podíl jedinečného a systematického rizika na kreditním riziku. Pokud má podnik vysokou tržní kapitalizaci, bude jeho hodnota vlastního kapitálu následovat vývoj indexu a jedinečné riziko podniku bude malé. Pokud má však podnik nízkou tržní kapitalizaci, hodnota vlastního kapitálu nebude závislá na indexu a jedinečné riziko podniku bude dosahovat vyšších hodnot.

Stanovení kreditního rizika pro portfolio instrumentů – simulační metoda

Kreditní riziko je možné stanovit pomocí analytických metod detailně popsanych dříve. S rostoucím portfoliem ale nastává problém s analytickými výpočty, které jsou pro velké množství prvků pomalé a obtížné. Proto se pro výpočet kreditního rizika pro velké portfolio používá simulační přístup, který je rychlý a přesný. V tomto případě bude použita **simulace Monte Carlo**, která vychází ze třech kroků: generování scénářů, přepočtení hodnoty portfolia a stanovení výsledků.

Nejprve je potřeba vygenerovat náhodné scénáře, které se stanoví dle *Zmeškal a kol. (2013, str. 140) podle Choleského algoritmu takto*

$$\vec{\varepsilon}^T = \vec{e}^T \cdot P, \quad (2.28)$$

kde \vec{e} je vektor nezávislých náhodných proměnných z normovaného normálního rozdělení $N(0;1)$, P je Choleského matice odvozená z korelační matice a index T znamená transpozici. Vztah mezi Choleského maticí P a korelační maticí R je charakterizován dle následujícího vztahu.

$$R = P \cdot P^T. \quad (2.29)$$

Výpočet Choleského matice neboli horní trojúhelníkové matice, je sestaven následujícím způsobem:

$$p_{ii} = \sqrt{\left(\rho_{ii} - \sum_{k=1}^{i-1} p_{ki}^2\right)}, \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N, \quad (2.30)$$

$$p_{ij} = \left(\rho_{ij} - \sum_{k=1}^{i-1} p_{ki} \cdot p_{kj}\right) \cdot p_{ii}^{-1}, \quad \text{pro } 1 \leq i \leq j \leq N, \quad (2.31)$$

$$p_{11} = \sqrt{\rho_{11}}, \quad (2.32)$$

$$p_{1j} = \sigma_{1j} \cdot \sigma_{11}^{-1}, \quad (2.33)$$

$$p_{ij} = 0, \quad \text{pro } i > j, \text{ přičemž } i, j = 1, 2, \dots, N, \quad (2.34)$$

kde p_{ij} představují jednotlivé prvky Choleského matice o N aktivech. Každý scénář odpovídá kreditnímu hodnocení dlužníka v portfoliu na konci časového horizontu.

Dalším krokem je stanovení nové hodnoty portfolia pro jednotlivé scénáře dle nově přiřazeného ratingu. Pro nedefaultní scénáře je postup stejný jako u analytického řešení a hodnoty se stanoví dle vzorce (2.14). Pro defaultní scénáře je ale postup odlišný, neboť míra návratnosti není deterministická a představuje tak větší množství variant. Tyto varianty jsou v případě defaultu významným přispívatelem k riziku. Proto bude stanovena hodnota míry návratnosti na základě generování náhodných hodnot z beta rozdělení s parametry střední hodnota a směrodatná odchylka, které odpovídají senioritě dluhopisu (viz Tab. 2.6), pomocí inverzní transformace.

$$q = \text{Beta}^{-1}(r), \quad (2.35)$$

kde q je náhodná proměnná z beta rozdělení, $Beta^{-1}$ je inverzní funkce k distribuční funkci normovaného normálního rozdělení, r je náhodná proměnná z rovnoměrného rozdělení. Proměnné z beta rozdělení nabývají hodnot z intervalu $\langle 0;1 \rangle$.

Nová hodnota dluhu pro default se pak stanoví jako součin původní hodnoty dluhu a náhodné proměnné z beta rozdělení.

$$V_D = V \cdot q, \quad (2.36)$$

a přírůstek hodnoty portfolia se pro jednotlivé pokusy stanoví pomocí vzorce (2.37).

$$\Delta\Pi = V_T - V_t, \quad (2.37)$$

kde $\Delta\Pi$ představuje přírůstek hodnoty portfolia, V_T a V_t jsou hodnoty portfolia v predikovaném momentu a na počátku. Počáteční hodnoty jsou představovány tržní cenou obligací, která se stanoví dle následujícího vztahu.

$$TC = kurz \cdot NH + AÚV, \quad (2.38)$$

kde

$$AÚV = kurz \cdot NH \cdot \Delta t, \quad (2.39)$$

kde TC je tržní cena obligace, NH nominální hodnota a $AÚV$ alikvótní úrokový výnos, tedy naběhlý výnos od poslední výplaty kuponu. Přírůstek času je stanoven pomocí evropského standardu 30E/360 k datu 18. 3. 2014, podle kterého má měsíc 30 dnů a rok 360 dnů.

Posledním krokem je stanovení výsledků. V předchozích krocích byl vytvořen odhad rozdělení pravděpodobnosti hodnoty portfolia, následně je nutné dopočítat parametry tohoto rozdělení pravděpodobnosti pomocí statistické metody a určit hodnotu kreditního rizika.

Nejprve se určí střední hodnota a směrodatná odchylka odhadnutého portfolia dle následujících vzorců.

$$\mu_p = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N V^{(i)}, \quad (2.40)$$

kde μ_p je střední hodnota odhadnutého portfolia, N je počet scénářů a $V^{(i)}$ představuje budoucí hodnotu portfolia pro jednotlivé scénáře a

$$\sigma_p = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (V^{(i)} - \mu)^2}, \quad (2.41)$$

kde σ_p představuje volatilitu odhadnutého portfolia.

Střední hodnota a směrodatná odchylka nepatří k nejlepším statistickým parametrům, které měří kreditní riziko, protože není možné ze směrodatné odchylky odvodit percentily. Proto bude použit jiný prostředek pro stanovení kreditního rizika, metoda Value at Risk (VaR). Metoda převádí všechna rizika na stejného jmenovatele, kterým je změna hodnoty portfolia aktiv. VaR je definováno dle Zmeškal a kol. (2013, str. 122) jako *hodnota rizika, která je definována jako nejmenší predikovaná ztráta na zadané hladině rizika (pravděpodobnosti) za určitou časovou periodu*. Při určování VaR je cílem, aby se pravděpodobnost, že z portfolia aktiv bude zisk menší než stanovená hladina zisku (*zisk*), rovnala stanovené hladině pravděpodobnosti α . VaR tedy znamená ztrátu a zisk se dá zapsat jako záporná ztráta. Oba výroky lze zapsat následovně:

$$\Pr(\Delta\tilde{\Pi} \leq \text{zisk}) = \alpha, \quad (2.42)$$

$$\Pr(\Delta\tilde{\Pi} \leq -VaR) = \alpha. \quad (2.43)$$

Value at Risk se dá stanovit ze seřazených hodnot přírůstku portfolia pro jednotlivé scénáře. Nejprve se seřadí hodnoty přírůstků od nejmenší po největší. Hodnota VaR na stanovené hladině pravděpodobnosti α se pak rovná nejvyšší bližší hodnotě výnosu portfolia pro pokus:

$$n = \alpha \cdot N, \quad (2.44)$$

kde n představuje uspořádanou hodnotu příslušného pokusu, N je počet pokusů; a z toho záporné hodnotě. Hledá se tedy hodnota, která odpovídá hladině pravděpodobnosti α . Pokud je $\alpha = 5 \%$, pak hodnota VaR odpovídá páté seřazené hodnotě. Alternativně lze využít i funkci MS Excel Percentile.

Posledním parametrem rozdělení pravděpodobnosti je ekonomický kapitál. Ten se stanoví jako:

$$ekonomický kapitál_{\alpha} = VaR_{\alpha} - střední hodnota ztráty, \quad (2.45)$$

kde *střední hodnota ztráty* je záporná hodnota ze střední hodnoty přírůstku portfolia.

3. APLIKACE VYBRANÝCH MODELŮ NA DATA STŘEDOEVROPSKÝCH FIREM

V této kapitole bude provedena aplikace modelu CreditMetrics™ na portfolio dluhopisů vybraných středoevropských firem. V rámci praktické části bude využita metodologie popsaná v kapitole 2.2.3.

Cílem praktické části je stanovení kreditního rizika obligací pomocí modelu CreditMetrics™ za použití simulace Monte Carlo, propočet parametrů rozdělení pravděpodobnosti a grafické znázornění. Časovým horizontem bude období pěti let, konkrétně od 10. 3. 2009 do 10. 3. 2014. Výpočty budou provedeny v programu MS Excel 2013.

3.1 Popis vybraných firem emitujících dluhopisy

Kreditní riziko bude stanovováno na portfoliu obligací sedmi středoevropských společností, dvou německých – BASF a Bayer AG, dvou rakouských – OMV AG a Wienerberger AG, jedné české – ČEZ a.s., švýcarské – Nestlé SA a polské – PGNiG SA. V této podkapitole budou jednotlivé firmy stručně popsány.

Název společnost **BASF** vznikl jako zkratka prvních písmen Bayrische Anilin- und Soda- Fabrik. Jak už z názvu vyplývá, jedná se o německou společnost zabývající se výrobou chemikálií, plastů, stavebních materiálů, zemědělských produktů a jiné chemie. BASF patří mezi přední chemické společnosti na světě, své dceřiné společnosti má ve více než osmdesáti zemích světa a zaměstnává přes 112 000 zaměstnanců. Mottem společnosti je: „Vytváříme chemii pro udržitelnou budoucnost.“ Společnost spojuje ekonomický úspěch s ochranou životního prostředí a společenskou odpovědností a tím vytváří lepší budoucnost.

Bayer AG je globální společností působící v oblasti zdraví, zemědělství a vysoce technologických polymerových materiálů a přispívá k předcházení, včasnému diagnostikování či zmírňování nemocí a k zajištění kvalitních potravin pro rostoucí populaci. Společnost je zastupována 289 dceřinými společnostmi nacházejících se po celém světě, celkem zaměstnává 113 200 zaměstnanců a hlavní ředitelství má v německém městě Leverkusen. Zásadami korporace jsou trvale udržitelný rozvoj a společenská a etická odpovědnost. Produkty a služby společnosti jsou navrženy tak, aby zlepšovaly lidem kvalitu života. Proto se také řídí heslem: „Věda pro lepší život.“

OMV AG je známá rakouská společnost zabývající se dobýváním ropy, olejů a plynu, výrobou elektrické energie a tepla z plynu a nových typů paliv, prodejem elektřiny, plynu, různých druhů olejů a paliv, a to nejen paliv pro osobní a nákladní dopravní prostředky, ale i pro leteckou dopravu. Zaměřuje se také na zlepšení životního prostředí tím, že se snaží snížit počet emisí vypouštěných do ovzduší spalováním jejich paliv a instalací čističek odpadních vod. Po celém světě provozuje síť čerpacích stanic OMV s občerstvením VIVA a celkem zaměstnává 29 000 lidí.

Společnost **Wienerberger AG** je největším výrobcem cihlářských výrobků, střešních krytin, betonových dlaždic a potrubních systémů. Společnost je orientovaná na zákazníka, poskytuje poradenství a služby od naplánování projektu až po jeho realizaci, a to s přidanou hodnotou pro zákazníka ve formě inovací a kvality. Sídlo má ve Vídni, vytváří pracovní místa pro 13 800 zaměstnanců a má padesátí procentní podíl ve firmách Schlagmann a Tondach Gleinstätten. Vlivem globální ekonomické krize byla společnost donucena změnit svou strategii z expanzivně orientované na tržně orientovanou firmu.

Česká společnost **ČEZ, a.s.** je výrobcem elektřiny, dodavatelem tepla a plynu. Je jádrem skupiny společností s názvem Skupina ČEZ, která se zaměřuje na činnosti v oblastech: těžba surovin, výroba, distribuce a obchod, telekomunikace, informatika, jaderný výzkum, projektování, výstavba a údržba energetických zařízení či zpracování vedlejších energetických produktů. Tato skupina vznikla v roce 2003 spojením společnosti ČEZ, a.s. s distribučními společnostmi. Společnost také investuje do ochrany životního prostředí, využívá větrné, vodní, sluneční elektrárny a získává elektřinu i z biomasy. Významnou činností skupiny ČEZ je Nadace ČEZ, která vytváří projekty jako je Podpora regionů, Oranžové hřiště, Oranžová učebna, Pětiboj základních škol aj., a také snaha přivést mládež ke studiu technických oborů.

Nestlé SA je švýcarská společnost působící na trhu již 140 let. Známa je po celém světě svými výrobky, mezi které patří sladkosti, ochucovadla, dětská výživa, káva, cereálie a také granule a pamlsky pro zvířecí mazlíčky. Skutečnost, že je celosvětová, potvrzuje počet zaměstnanců v rámci skupiny, a tím je číslo 330 000.

PGNiG SA je zkratkou názvu Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo a je součástí holdingové skupiny PGNiG Group, která je lídrem na polském trhu v dodávání zemského plynu. Mezi jeho činnosti patří také těžba ropy a plynu, distribuce, skladování a dovoz plynu do Polska a geologické a geofyzikální průzkumy. V roce 2004 společnost založila nadaci, která

se zaměřuje na podporu národní kultury a dědictví, ochrany památek a vědy a vzdělání. V současnosti jsou realizovány projekty v oblasti podpory zdravotního životního stylu dětí a mládeže a aktivity pro zlepšení životního prostředí.

3.2 Vstupní údaje

Analyzované portfolio bude tvořeno sedmi mezinárodně obchodovatelnými dluhopisy společností BASF, Bayer AG, ČEZ, a.s., Nestlé SA, OMV AG, Wienerberger AG a PGNiG SA. Informace o dluhopisech byly získány z webových stránek Frankfurtské burzy cenných papírů. (viz Tab. 3.1).

Tab. 3.1 Vstupní údaje k 10. 3. 2014

	BASF	Bayer	ČEZ	Nestlé
<i>NH (v EUR/ks)</i>	1 000	1 000	1 000	1 438
<i>ISIN</i>	XS1017828911	XS1023268490	XS0630397213	XS0795390318
<i>Datum emise</i>	22. 1. 2014	24. 1. 2014	27. 5. 2011	21. 6. 2012
<i>Datum splatnosti</i>	22. 1. 2019	24. 1. 2018	27. 5. 2016	21. 6. 2017
<i>Kupon (%)</i>	1,375	1,125	3,625	1,375
<i>Frekvence výplaty</i>	1/rok	1/rok	1/rok	1/rok
<i>Aktuální kurz (%)</i>	100,83	101,01	105,89	100,90
<i>Rating</i>	A+	A-	A-	AA
<i>Seniorita</i>	senior unsecured	senior unsecured	senior unsecured	senior unsecured

	OMV	Wien	PGNiG
<i>NH (v EUR/ks)</i>	1 000	1 000	100 000
<i>ISIN</i>	XS0422624980	AT0000A0H999	XS0746259323
<i>Datum emise</i>	4. 7. 2009	7. 4. 2010	14. 2. 2012
<i>Datum splatnosti</i>	4. 7. 2014	7. 7. 2014	14. 2. 2017
<i>Kupon (%)</i>	6,250	4,875	4,000
<i>Frekvence výplaty</i>	1/rok	1/rok	1/rok
<i>Aktuální kurz (%)</i>	100,14	100,43	106,25
<i>Rating</i>	A-	B	BBB-
<i>Seniorita</i>	senior unsecured	senior unsecured	senior unsecured

Dluhopisy jsou denominovány v Eurech (EUR), pouze dluhopis společnosti Nestlé SA v Amerických dolarech. Jeho nominální hodnota byla proto převedena taktéž na Euro, a to aktuálním kurzem České národní banky ke dni 10. 3. 2014. Seniorita všech dluhopisů je *senior unsecured*, což znamená, že se jedná o poměrně kvalitní dluhopisy, u kterých není požadováno krytí hypotečními zástavními listy. Seniorita dluhopisů a jednotlivé ratingy společností jsou získány ze stránek ratingových společností Standard & Poor's a Moody's.

Vzhledem k tomu, že obě ratingové společnosti používají odlišné značení ratingů, jsou ratingy převedeny na sdružené ratingové stupně dle Tab. 2.3.

3.3 Stanovení závislosti mezi jednotlivými emitenty

Závislost mezi emitenty je dána korelací a kovariancí. Pro jejich stanovení jsou potřebná tržní data. Vzhledem k tomu, že všechny výše uvedené firmy jsou emitenty akcií, byla tržní data získána z denních cen akcií, a to za období od 10. 3. 2009 do 10. 3. 2014. Údaje byly dohledány na webových stránkách Frankfurtské burzy cenných papírů.

Pro určení korelace a kovariance je potřeba vypočítat výnosy jednotlivých akcií. Výnosy byly určeny spojitě dle vzorce (2.18) a jejich zkrácená verze je součástí Přílohy č. 1.

V následující tabulce je možné vidět hodnoty korelace mezi jednotlivými emitenty.

Tab. 3.2 Korelační matice

	BASF	ČEZ	Bayer	Nestlé	OMV	Wien	PGNiG
BASF	1,0000	0,2978	0,5565	0,2999	0,4385	0,4365	0,2140
ČEZ	0,2978	1,0000	0,1850	0,1243	0,2290	0,2247	0,2011
Bayer	0,5565	0,1850	1,0000	0,2544	0,3030	0,2320	0,1850
Nestlé	0,2999	0,1243	0,2544	1,0000	0,1859	0,1151	0,0966
OMV	0,4385	0,2290	0,3030	0,1859	1,0000	0,3161	0,1883
Wien	0,4365	0,2247	0,2320	0,1151	0,3161	1,0000	0,1397
PGNiG	0,2140	0,2011	0,1850	0,0966	0,1883	0,1397	1,0000

Z Tab. 3.2 je patrné, že na diagonále je dosaženo největší korelace, a to hodnoty jedna, neboť se jedná o závislost mezi emitentem samým. Největší závislost vykazují německé firmy BASF a Bayer AG, a to hodnoty 0,5565. Mezi ostatními firmami nebyla prokázána podstatná závislost.

V Tab. 3.3 jsou zaznamenány hodnoty kovariancí jednotlivých emitentů.

Tab. 3.3 Kovarianční matice

	BASF	ČEZ	Bayer	Nestlé	OMV	Wien	PGNiG
BASF	0,0003	0,0001	0,0002	0,0001	0,0002	0,0002	0,0001
ČEZ	0,0001	0,0003	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001
Bayer	0,0002	0,0001	0,0004	0,0000	0,0001	0,0001	0,0001
Nestlé	0,0001	0,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,0000	0,0000
OMV	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0004	0,0002	0,0001
Wien	0,0002	0,0001	0,0001	0,0000	0,0002	0,0008	0,0001
PGNiG	0,0001	0,0001	0,0001	0,0000	0,0001	0,0001	0,0003

Na diagonále kovarianční matice jsou hodnoty variance, tj. směrodatná odchylka umocněná na druhou. Zbýlá část matice obsahuje kovariance vyjadřující závislost mezi jednotlivými firmami. Z výše uvedené tabulky je patrné, že mezi emitenty je závislost nulová.

Pro jednotlivé dluhopisy byly také vypočítány parametry střední hodnota a směrodatná odchylka. Vypočtené hodnoty jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab. 3.4 Střední hodnota a směrodatná odchylka jednotlivých dluhopisů

	střední hodnota	směrodatná odchylka
BASF	0,0009	0,0182
ČEZ	-0,0001	0,0164
Bayer	0,0008	0,0187
Nestlé	0,0007	0,0102
OMV	0,0003	0,0191
Wien	0,0008	0,0191
PGNiG	0,0008	0,0283

Z Tab. 3.4 je patrné, že střední hodnota dluhopisů je téměř nulová. Směrodatná odchylka je pro jednotlivé dluhopisy 1,86 %, což znamená, že se nejedná o rizikové instrumenty.

3.4 Stanovení pravděpodobnosti přechodu a míry návratnosti

Pravděpodobnost přechodu mezi jednotlivými ratingovými kategoriemi je určena přechodovou maticí. V této práci bude využita pěti letá přechodová matice zveřejněná ratingovou společností Standard & Poor's zachycující období od roku 1981 do roku 2013.

Tab. 3.5 Pětiletá přechodová matice 1981-2013 dle Standard&Poor's

	AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC	D
AAA	0,5038	0,2684	0,0486	0,0083	0,0022	0,0017	0,0008	0,0036
AA	0,0158	0,4988	0,2497	0,0387	0,0062	0,0042	0,0005	0,0037
A	0,0009	0,0541	0,5377	0,1527	0,0225	0,0081	0,0018	0,0065
BBB	0,0003	0,0056	0,1031	0,4937	0,0780	0,0258	0,0043	0,0226
BB	0,0001	0,0008	0,0118	0,1256	0,2914	0,1132	0,0136	0,0866
B	0,0002	0,0004	0,0034	0,0170	0,1027	0,2379	0,0292	0,2132
CCC	0,0000	0,0000	0,0015	0,0077	0,0277	0,1156	0,0293	0,4833

Míra návratnosti je závislá na senioritě dluhopisu a stanovuje, kolik dostane věřitel zpět svých peněžních prostředků v případě defaultu dlužníka. V této práci jsou použity dluhopisy *senior unsecured*, proto je střední hodnota míry návratnosti stanovena na 51,13 % a směrodatná odchylka na 25,45 % (viz Tab. 2.6).

3.5 Meze přechodu

Jednotlivým dluhopisům bylo přiřazeno ratingové ohodnocení stanovené ratingovými agenturami. Z Tab. 3.1 uvádějící vstupní data je zřejmé, že v portfoliu je obsaženo pět různých ratingů. Meze rozdělení pravděpodobnosti představují intervaly, při jejichž překročení dochází ke změně ratingového ohodnocení. Výpočet intervalů vychází z kumulativních pravděpodobností matice přechodu a je stanoven pomocí funkce MS Excel NORMSINV (α). Zjištěné hodnoty uvádí následující tabulka.

Tab. 3.6 Hodnoty mezí přechodu

BASF	A	-100 000	-1,6063	0,2322	0,6573	0,7290	0,7557	0,7618
ČEZ	A	-100 000	-1,6063	0,2322	0,6573	0,7290	0,7557	0,7618
Bayer	A	-100 000	-1,6063	0,2322	0,6573	0,7290	0,7557	0,7618
Nestlé	AA	-100 000	-0,0030	0,6698	0,7967	0,8183	0,8331	0,8349
OMV	A	-100 000	-1,6063	0,2322	0,6573	0,7290	0,7557	0,7618
Wien	B	-100 000	-3,3528	-2,6693	-2,0375	-1,1577	-0,3547	-0,2778
PGNiG	BBB	-100 000	-2,5364	-1,2335	0,2596	0,4688	0,5423	0,5548
	AA		A	BBB	BB	B	CCC	D

Pravděpodobnost defaultu aktiva s počátečním ratingem AA je téměř nulová, proto je hranice přechodu nastavena na nepravděpodobnou hodnotu výskytu v rámci normálního normovaného rozdělení, konkrétně hodnotu -100 000.

3.6 Hodnoty obligací

Následujícím krokem je stanovení ceny obligací pro jednotlivé ratingy s využitím předešlých dat. Pro výpočet je ještě potřeba stanovit výnosovou míru pro jednotlivé roky, která je dána následovně:

Tab. 3.7 Výnosová míra pro jednotlivá léta dle ratingové kategorie

	1	2	3	4
AAA	0,0360	0,0417	0,0473	0,0512
AA	0,0365	0,0422	0,0478	0,0517
A	0,0372	0,0432	0,0493	0,0532
BBB	0,0410	0,0467	0,0525	0,0563
BB	0,0555	0,0602	0,0678	0,0727
B	0,0605	0,0702	0,0803	0,0852
CCC	0,1505	0,1502	0,1403	0,1352

Zdroj: CreditMetrics™ – Technical Document (2007, str. 27)

S rostoucí dobou splatnosti dluhopisu roste také výnosová míra, neboť s delším časovým horizontem roste i podstupované riziko.

Dosazením do vztahu (2.14) jsou dopočteny ceny obligací, které jsou uvedeny v Tab. (3.8).

Tab. 3.8 Ceny obligací dle ratingu (v EUR)

		AAA	AA	A	BBB	BB	B	CCC
BASF	A	1 065,41	1 065,37	1 065,29	1 065,04	1 064,03	1 049,57	1 058,78
ČEZ	A	1 172,45	1 172,35	1 172,13	1 141,57	1 168,84	1 167,03	1 155,51
Bayer	A	1 053,51	1 053,48	1 053,41	1 053,21	1 052,38	1 051,80	1 048,03
Nestlé	AA	1 681,75	1 669,91	1 231,79	1 669,48	1 668,62	1 665,06	1 665,06
OMV	A	1 239,93	1 231,87	1 231,70	1 231,19	1 229,50	1 226,26	1 218,93
Wien	B	1 231,91	1 231,79	1 231,49	1 230,63	1 227,07	1 224,64	1 209,25
PGNiG	BBB	119 028,60	119 018,19	118 993,55	118 923,23	118 630,83	118 431,46	117 163,29

Z výše uvedených hodnot je patrné, že se zhoršujícím se ratingovým ohodnocením klesá cena dluhopisu.

3.7 Simulace rozdělení pravděpodobnosti portfolia

V této podkapitole bude pomocí simulace Monte Carlo stanoveno kreditní riziko portfolia. Základem celé metody je vygenerování náhodných proměnných z normovaného normálního rozdělení pro 10 000 pokusů pro každé aktivum pomocí modulu MS Excel Generátor pseudonáhodných čísel. Následně jsou náhodné proměnné přepočteny na závislé podle vzorce (2.28), a to s využitím Choleského matice, která se stanoví dle vztahů (2.30) – (2.34) z korelační matice.

Tab. 3.9 Choleského matice

	BASF	ČEZ	Bayer	Nestlé	OMV	Wien	PGNiG
BASF	1,0000	0,2978	0,5565	0,2999	0,4385	0,4365	0,2140
ČEZ	0,0000	0,9546	0,0202	0,0367	0,1031	0,0992	0,1439
Bayer	0,0000	0,0000	0,8306	0,1053	0,0710	-0,0132	0,0794
Nestlé	0,0000	0,0000	0,0000	0,2889	0,1881	-0,0549	0,1122
OMV	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,2698	0,4623	0,3503
Wien	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,7634	0,0607
PGNiG	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,8878

Generované náhodné proměnné a jejich přepočet s korelacemi jsou uvedeny v Příloze č. 2 a 3.

Dalším krokem je přiřazení ratingu jednotlivým náhodným závislým proměnným pomocí funkce VVYHLEDAT. Ratingové hodnocení je přiřazeno na základě zařazení hodnot korelovaných náhodných proměnných do intervalů mezi přechodu (viz Tab. 3.6) a je součástí Přílohy č. 4. V případě, že bude korelovaná náhodná proměnná pro firmu BASF dosahovat hodnoty -0,0871, odpovídá intervalu od -1,6063 do 0,2322 a je jí přiřazeno ratingové hodnocení A.

Hodnoty obligací pro jednotlivé ratingy jsou známy (viz Tab. 3.8), je logicky dalším krokem přiřazení cen obligací k příslušným ratingům. V případě ratingu CCC existuje šance, že dlužník splatí alespoň část svých závazků, což je vyjádřeno pomocí míry návratnosti. Hodnota dluhopisu s ratingem CCC je tedy stanovena dle vzorce (2.36) jako součin nominální hodnoty dluhopisu a hodnoty míry návratnosti určené náhodnými hodnotami z beta rozdělení $\beta(a, b)$ podle vztahu (2.35), kde za proměnnou a je dosazena střední hodnota ztráty a za proměnnou b směrodatné odchylky z Tab. 2.6 pro dluhopis senior unsecured. V případě neschopnosti dostát svým závazkům (rating D) je hodnota dluhopisu nula.

Po přiřazení nových hodnot dluhopisů následuje výpočet tržní ceny akcie dle vztahu (2.38) a poté stanovení přírůstku hodnoty dluhopisu dle vztahu (2.37). Nové hodnoty dluhopisů a vypočtených přírůstků hodnoty portfolia jsou součástí Přílohy č. 5.

3.8 Kreditní riziko

Kreditní riziko portfolia bude popsáno pomocí parametrů, kterými jsou střední hodnota ztráty, směrodatná odchylka, hodnota VaR na hladině významnosti 5 % a ekonomický kapitál, a také bude znázorněno graficky.

Střední hodnota je stanovena z hodnot přírůstků portfolia pomocí funkce MS Excel PRŮMĚR, její záporná hodnota je pak střední hodnotou ztráty.

Parametr směrodatná odchylka patří mezi základní statistiky stanovení kreditního rizika, neboť říká, jak jsou hodnoty rozptýleny od střední hodnoty. Je tedy parametrem vyjadřující podstupované riziko při investování a platí, že čím menších hodnot dosahuje, tím menší je i podstupované riziko. Výpočet je stanoven opět z hodnot přírůstků portfolia, a to pomocí funkce SMODCH.

Dalším krokem je stanovení hodnoty VaR , která se dá stanovit dvěma způsoby. Prvním je využití funkce MS Excel PERCENTIL na hladině významnosti 5 % z hodnot přírůstků portfolia. Výsledkem je záporná hodnota zjištěné hodnoty. Druhou možností je stanovení pomocí vztahu (2.44), tedy jako součin hladiny významnosti a počtu pokusů. Je nutné seřadit simulované hodnoty přírůstků portfolia vzestupně. Hledaná hodnota VaR odpovídá záporné hodnotě umístěné mezi seřazenými hodnotami na pořadí určeném součinem. Oba způsoby dávají stejné hodnoty VaR .

Posledním parametrem, který je potřeba stanovit pro posouzení kreditního rizika, je ekonomický kapitál, který udává, kolik prostředků je potřeba ke krytí ekonomických ztrát. Jeho hodnota se určí podle vztahu (2.45) jako rozdíl mezi VaR a střední hodnotou ztráty.

Zjištěné hodnoty jsou uvedeny v Tab. 3.10.

Tab. 3.10 Parametry kreditního rizika

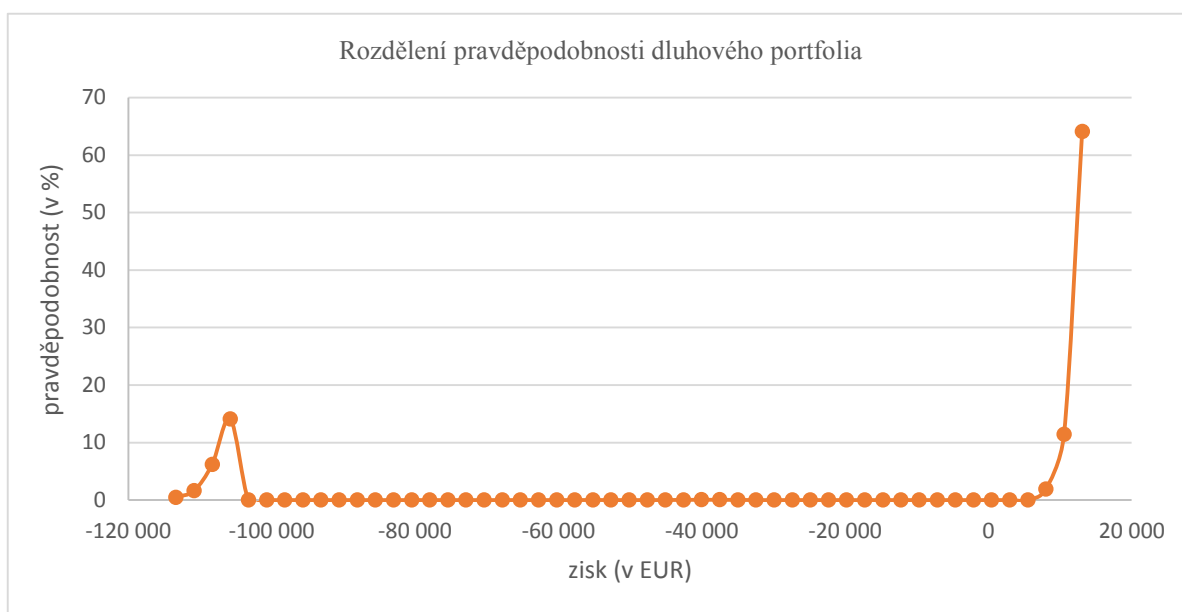
původní hodnota portfolia	113 352,86 EUR
střední hodnota ztráty	15 262,45 EUR
směrodatná odchylka	49 985,64 EUR
α	0,05
percentil	-109 400,46 EUR
<i>VaR</i>	109 400,46 EUR
ekonomický kapitál	94 138,01 EUR

Střední hodnota ztráty je 15 262,45 EUR. Směrodatná odchylka vyjadřující rizikovost analyzovaného portfolia dosahuje hodnoty 49 985,64 EUR. Hodnota *VaR* portfolia je stanovena na 109 400,46 EUR. Lze tedy říci, že s pravděpodobností 5 % bude ztráta větší nebo rovna této částce. Ekonomický kapitál dosahuje výše 94 138,01 EUR, což znamená, že by investor měl držet finanční rezervu v této výši, aby byl schopen pokrýt případnou neočekávanou ztrátu.

Aby mohlo být kreditní riziko znázorněno graficky, je potřeba zjistit jeho pravděpodobnost rozdělení. Nejprve jsou stanoveny minimální a maximální hranice intervalů pomocí funkcí MS Excel MIN a MAX z hodnot přírůstků portfolia. Poté je určen ekvidistantní interval pro 50 intervalů jako podíl hodnoty rozdílu mezi hodnotou maximální a minimální a počtem intervalů. Následně se k nejmenší hranici přičte hodnota ekvidistantního intervalu a je získána další hranice. Takto se postupuje až do doby, kdy se přičtením ekvidistantního intervalu k předchozí hranici dostane maximální hranice intervalů. Po získání všech intervalů je zapotřebí stanovit, kolik hodnot z přírůstku portfolia spadá do jednoho intervalu, což je provedeno pomocí funkce MS Excel ČETNOSTI. Nakonec se stanoví rozdělení pravděpodobnosti pro každý interval a vytvoří se graf.

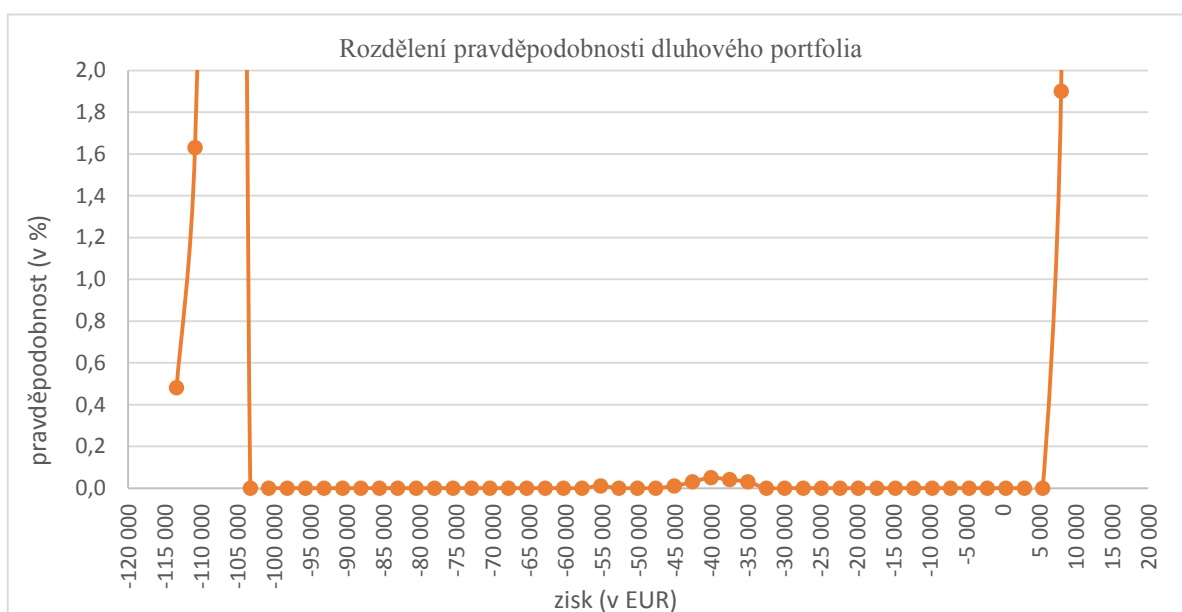
Z Grafu 3.1 je patrné, že kreditní riziko má nesymetrické rozdělení pravděpodobnosti a je charakteristické těžkými konci, což značí velmi malou pravděpodobnost poměrně velkých ztrát. S velkou pravděpodobností tedy budou dluhy splaceny a naopak s velmi malou pravděpodobností může dojít ke zjevným ztrátám.

Graf 3.1 Rozdělení pravděpodobnosti portfolia



Minimální přírůstek portfolia má hodnotu -113 352,86 EUR, hodnota simulovaného portfolia tak dosahuje nulové hodnoty. Tuto nejnižší hodnotu portfolio vykazuje v případě, že došlo k defaultu všech obligací zařazených v portfoliu. Naopak nejvyšší možný přírůstek portfolia je 13 088,82 EUR, hodnota simulovaného portfolia dosahuje hodnoty 126 441,68 EUR a všechny dluhopisy v portfoliu jsou ohodnoceny ratingem A. Pro podrobnější analýzu je vhodnější se zaměřit na hodnoty s malou pravděpodobností výskytu. Pro tento účel byl Graf 3.1 mnohonásobně zmenšen.

Graf 3.2 Rozdělení pravděpodobnosti portfolia



Nízké hodnoty portfolia jsou způsobeny poklesem ratingů jednotlivých dluhopisů či jejich případným defaultem. Je-li hodnota simulovaného portfolia 57 875,35 EUR (přírůstek portfolia -55 477,51 EUR), dochází k defaultu třech dluhopisů ze sedmi a klesá ratingové ohodnocení jednoho dluhopisu na CCC. V případě, že je hodnota přírůstku portfolia stanovena částkou -45 236,45 EUR (hodnota simulovaného portfolia 68 116,41 EUR), dochází k defaultu dvou dluhopisů obsažených v portfoliu a zbývající dluhopisy dosáhly ratingového hodnocení A.

4. ZHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ

Nejprve je stanovena závislost mezi jednotlivými dluhopisy, která je vyjádřena pomocí kovariance a korelace. Z dosažených výsledků je zjištěno, že mezi obligacemi německé firmy BASF a Bayer AG existuje závislost ve výši 0,5565. Mezi ostatními firmami není prokázána žádná podstatná závislost. Kovarianční matice žádnou závislost mezi obligacemi nevykazuje. Dále jsou stanoveny charakteristiky střední hodnota výnosů a směrodatná odchylka pro jednotlivé dluhopisy. Střední hodnota výnosů dosahuje nulových hodnot a rizikovost dluhopisů vyjádřená směrodatnou odchylkou je v průměru 1,86 %.

Největší roli při stanovení pravděpodobnosti nesplacení závazků, které vyplývají z držení dluhopisu, má výchozí rating daného instrumentu. Stanovení hranic přechodu mezi ratingovými kategoriemi je provedeno pomocí pětileté matice přechodu zveřejněné ratingovou společností Standard & Poor's. Následně jsou stanoveny hodnoty dluhopisů pro jednotlivé ratingové kategorie. Poté jsou s využitím simulačního přístupu stanoveny náhodné proměnné, které jsou dále přepočteny na závislé náhodné proměnné pomocí Choleského matice. Těmto proměnným je následně přiřazena ratingová kategorie dle mezí přechodu. Podle jednotlivých ratingů jsou také přiřazeny hodnoty dluhopisů a nakonec stanoveny přírůstky portfolia. Z možného očekávaného rozdělení hodnot portfolia jsou stanoveny charakteristiky kreditního rizika, kterými jsou střední hodnota ztráty, směrodatná odchylka, VaR a ekonomický kapitál.

Hodnota střední hodnoty ztráty je zjištěna na 15 262,45 EUR. Směrodatná odchylka vyjadřující rizikovost analyzovaného portfolia dosahuje hodnoty 49 985,64 EUR. Hodnota VaR portfolia je stanovena na 109 400,46 EUR a lze tedy říci, že s pravděpodobností 5 % je ztráta větší nebo rovna této částce. Ekonomický kapitál dosahuje výše 94 138,01 EUR, což znamená, že by investor měl držet v této výši finanční rezervu pro případné krytí neočekávané ztráty.

Z pravděpodobností rozdělení kreditního rizika je sestaven graf, který znázorňuje, jak je kreditní riziko nesymetrické. Na základě grafické analýzy lze vyčíst, jakého zisku je možné dosáhnout při určité hladině pravděpodobnosti. Minimální hodnota portfolia je stanovena na hodnotu nula, kdy je přírůstek portfolia roven hodnotě -113 352,86 EUR. V tomto případě dochází k defaultu u všech dluhopisů v portfoliu. Nejvyšší možná hodnota portfolia pak dosahuje hodnoty 126 441,68 EUR, kdy je přírůstek simulované hodnoty portfolia roven částce 13 088,82 EUR. Všechny obligace v portfoliu dosahují v tomto případě ratingu A.

Výše kreditního rizika je ovlivněna především pravděpodobností defaultu, mírou návratnosti a velikostí úvěrové expozice. Na výši celkového rizika se ale podílejí i samotné instrumenty zahrnuté v portfoliu svou rizikovostí a také vzájemné vztahy mezi těmito instrumenty. Proto je potřeba odhadnout korelace mezi instrumenty v portfoliu pro dosažení co nejefektivnější diverzifikace. Korelace lze stanovit více způsoby, v rámci této práce bude popsán přístup korelace mezi jednotlivými dluhopisy a přístup korelace aktiv.

Korelace mezi dluhopisy

Přístup korelace mezi dluhopisy je podrobně popsán v podkapitole 3.3.

Tento přístup umožňuje pomocí marginálního rizika určit, jak jednotlivé dluhopisy obsažené v portfoliu přispívají k celkové rizikovosti portfolia. Mezní riziko představuje rozdíl mezi směrodatnou odchylkou celého portfolia a směrodatnou odchylkou portfolia bez konkrétního aktiva. Z toho vyplývá, že mezní riziko dluhopisu v portfoliu musí být menší než riziko samostatně stojící obligace, protože v rámci portfolia dochází k diverzifikaci rizika.

Tab. 4.1 Hodnoty směrodatných odchylek

	směrodatná odchylka dluhopisu	mezní směrodatná odchylka
BASF	0,0182	0,0009
ČEZ	0,0164	0,0026
Bayer	0,0187	0,0003
Nestlé	0,0102	0,0089
OMV	0,0191	0,0000
Wien	0,0191	0,0000
PGNiG	0,0283	-0,0093

V Tab. 4.1 lze vidět, že mezní směrodatná odchylka je skutečně menší, než směrodatná odchylka samostatně stojícího dluhopisu, a že efekt diverzifikace je v tomto případě podstatný. Nejvíce rizikovým dluhopisem je v rámci portfolia dluhopis PGNiG s hodnotou rizika 2,83 %.

Korelace mezi aktivy

Jak již bylo zmíněno v podkapitole 2.2.3, korelace mezi aktivy je stanovena na základě korelací indexů zemí a součástí tohoto výpočtu je určení podílu systematického a jedinečného rizika, které ovlivňují výše uvedené emitenty.

Pro účely této práce byly vybrány globální indexy MSCI IMI Index pro Německo, Rakousko, Polsko a Švýcarsko. Pro Českou republiku byl zvolen index PX-GLOB.

Základem výpočtu je stanovení výnosů jednotlivých indexů, které jsou vypočteny z historických cen indexů dle vzorce (2.18). Data byla získána z webových stránek MSCI a Burzy cenných papírů Praha za pět let, konkrétně za období od 24. 3. 2009 do 24. 3. 2014. Vstupní data a vypočtené výnosy jsou součástí Přílohy č. 6 a č. 7.

Dalším krokem je propočet střední hodnoty výnosů pro jednotlivé indexy podle vztahu (2.24) pomocí funkce MS Excel PRŮMĚR. Následuje výpočet směrodatné odchylky taktéž pro jednotlivé indexy dle vzorce (2.25) a za použití funkce MS Excel SMODCH. Zjištěné hodnoty uvádí následující tabulka.

Tab. 4.2 Střední hodnota výnosů a směrodatná odchylka jednotlivých indexů

	střední hodnota výnosů	směrodatná odchylka (v %)
MSCI IMI Index Švýcarska	0,0007	1,0502
MSCI IMI Index Polska	0,0005	1,7585
MSCI IMI Index Rakouska	0,0005	1,4878
MSCI IMI Index Německa	0,0005	1,4623
PX-GLOB	0,0002	18,4203

Z Tab. 4.2 je patrné, že střední hodnota výnosů se za období pěti let pochybuje kolem nuly. Směrodatná odchylka vyjadřuje volatilitu indexu, která je oproti ostatním indexům vysoká pouze u českého indexu PX-GLOB, a to 18,42 %.

Z výnosů indexů se následně vypočítají kovarianční a korelační matice dle vzorců (2.26) a (2.27), které vyjadřují závislosti mezi jednotlivými indexy, tedy zeměmi. Hodnoty korelace, tedy normované kovariance, uvádí následující tabulka.

Tab. 4.3 Korelační matice indexů

	MSCI IMI Index Švýcarska	MSCI IMI Index Polska	MSCI IMI Index Rakouska	MSCI IMI Index Německa	PX-GLOB
MSCI IMI Index Švýcarska	1,0000	0,5663	0,6520	0,6957	-0,1037
MSCI IMI Index Polska	0,5663	1,0000	0,6746	0,7045	-0,0607
MSCI IMI Index Rakouska	0,6520	0,6746	1,0000	0,7772	-0,0808
MSCI IMI Index Německa	0,6957	0,7045	0,7772	1,0000	-0,0894
PX-GLOB	-0,1037	-0,0607	-0,0808	-0,0894	1,0000

Z korelační matice je zřejmé, že indexy Švýcarska, Polska, Rakouska a Německa jsou na sobě pozitivně závislé a navzájem se ovlivňují. Tato skutečnost však nebyla potvrzena kovarianční maticí, kde jsou hodnoty závislosti nulové (viz Tab. 4.4).

Tab. 4.4 Kovarianční matice indexů

	MSCI IMI Index Švýcarska	MSCI IMI Index Polska	MSCI IMI Index Rakouska	MSCI IMI Index Německa	PX-GLOB
MSCI IMI Index Švýcarska	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	-0,0030
MSCI IMI Index Polska	0,0001	0,0003	0,0002	0,0002	-0,0029
MSCI IMI Index Rakouska	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	-0,0033
MSCI IMI Index Německa	0,0001	0,0002	0,0002	0,0002	-0,0036
PX-GLOB	-0,0030	-0,0029	-0,0033	-0,0036	0,0339

Jak již bylo uvedeno, součástí tohoto výpočtu je stanovení systematického a jedinečného rizika, které ovlivňují výše uvedené dlužníky. Aby bylo možné obě rizika určit, musí být jednotlivým dlužníkům přiřazeny váhy, které jsou stanoveny podle toho, jaký podíl mají jednotlivé firmy na tvorbě domácího indexu. Poté je stanoven pohyb kapitálu firmy, který není ovlivněn indexem, a stanoví se standardizované váhy. Pro účely této práce je pohyb kapitálu firmy konstantní a nebude ve výpočtu uvažován. Přiřazené váhy jsou tedy zároveň váhami standardizovanými.

V následující tabulce jsou zaznamenány přiřazené váhy. $Váha_1$ představuje váhy standardizované, které jsou zároveň hodnotami systematického rizika, $váha_2$ jsou hodnoty rizika jedinečného, které ovlivňuje pouze konkrétní firmu a bylo stanoveno jako odmocnina rozdílu hodnoty jedna a $váhou_1$ umocněnou na druhou.

Tab. 4.5 Váhy přiřazené firmám

	$váha_1$	$váha_2$
BASF	0,0831	0,9965
ČEZ	0,2080	0,9781
Bayer	0,0923	0,9957
Nestlé	0,1852	0,9827
OMV	0,1265	0,9920
Wien	0,0419	0,9991
PGNiG	0,0383	0,9993

Společnost BASF je ovlivněna z 8,31 % systematickým rizikem a z 99,65 % rizikem jedinečným. Analogicky lze odvodit ovlivnění firmy systematickým a jedinečným rizikem

pro ostatní emitenty. Z hodnot uvedených v Tab. 4.5 lze jednoznačně říci, že firmy jsou v malé míře ovlivňovány systematickým rizikem, které se týká celého trhu, ale jsou ve velké míře ovlivněny jedinečným rizikem, které se týká pouze dané firmy či odvětví, ve kterém působí.

Předposledním krokem stanovení korelace mezi aktivy je vytvoření více faktorové matice, která je vytvořena z korelační matice indexů, jedinečného a systematického rizika a závislosti mezi indexy a jedinečným rizikem.

Tab. 4.6 Více faktorová korelační matice

	m					n							
m	1	0,5663	0,6520	0,6957	-0,1037	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,5663	1	0,6746	0,7045	-0,0607	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,6520	0,6746	1	0,7772	-0,0808	0	0	0	0	0	0	0	0
	0,6957	0,7045	0,7772	1	-0,0894	0	0	0	0	0	0	0	0
	-0,1037	-0,0607	-0,0808	-0,0894	1	0	0	0	0	0	0	0	0
n	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0

Jednotlivé části matice jsou barevně odděleny. Levá horní část matice ($m \times m$) je korelační matice indexů. Levá spodní ($n \times m$) a pravá horní část ($m \times n$) vyjadřuje nezávislost mezi jedinečným rizikem firmy a indexy. Pravá spodní část matice ($n \times n$) vyjadřuje závislost jedinečného rizika a dané firmy a nezávislost na jedinečných faktorech ovlivňujících ostatní firmy.

Nakonec je vytvořena matice W , jejíž sloupce představují jednotlivé firmy a řádky obsahují hodnoty vah a jedinečných rizik.

$$W = \begin{bmatrix} 0,0831 & 0,2080 & 0,0923 & 0,1852 & 0,1265 & 0,0419 & 0,0383 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,9965 & 0,9781 & 0,9957 & 0,9827 & 0,9920 & 0,9991 & 0,9993 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}.$$

Na základě hodnot uvedených v matici W lze říci, že firmy ČEZ, a.s. a Nestlé SA jsou ovlivněny systematickým rizikem z 20,80 % a 18,52 %, což jsou v rámci portfolia nejvyšší hodnoty. Jedinečné riziko v průměru dosahuje hodnoty 99,19 %.

Z této analýzy vyplývá, že firmy jsou v malé míře ovlivněny systematickým rizikem, které se týká celého trhu, ale jsou ve velké míře ovlivněny jedinečným rizikem, které působí na danou firmu či odvětví, ve kterém firma působí, a to v průměru z 99,19 %.

Výhodou tohoto přístupu je, že je použitelný i pro veřejně neobchodovatelné společnosti, neboť využívá místo výnosů akcií výnosy indexů zemí. Tento přístup je také efektivnější, protože při velkém počtu emitentů v portfoliu se nemusí sestavovat individuální korelace mezi emitenty. Velkým pozitivem je, že propojuje hodnotu podnikových aktiv a celkového dluhu podniku. Jedná se tedy o více faktorový přístup, v rámci kterého je stanoveno jak systematické, tak jedinečné riziko.

Diverzifikace kreditního rizika není tak snadná jako u rizika tržního, které je možné snížit jak u velkých, tak u malých portfolií či je možné provést zajištění pomocí derivátů. S rostoucím portfoliem by měla jeho rizikovost klesat, ale tento předpoklad neplatí u kreditního rizika. Kreditní modely byly vynalezeny nejen pro propočet a odhad kreditního rizika, ale jejich hlavním úkolem je stanovení příčiny vzniku rizika.

Metoda CreditMetricsTM je vhodným nástrojem pro managery zabývající se stanovováním kreditního rizika a vytvářením optimálního dluhového portfolia. Výsledky zjištěné pomocí výše zmíněné metody je možné využít pro stanovení priorit v rámci snižování kreditního rizika, stanovení kreditních limitů, které stanovují maximální úvěrovou angažovanost, pro určení výše ekonomického kapitálu či pro výběr správných dluhových produktů v portfoliu tak, aby bylo podstupované riziko v rámci investice co nejmenší.

5. ZÁVĚR

Kreditní riziko je možné charakterizovat jako riziko, že protistrana nedostojí svým závazkům, což vede k neočekávaným finančním ztrátám. Znalost finanční situace obchodního partnera je považována za klíčový prvek v obchodních vztazích. Pokud není schopen dostát svým závazkům, hrozí riziko vzniku druhotné platební neschopnosti na straně věřitele. Z tohoto důvodu je potřeba kreditní riziko sledovat a měřit.

Cílem diplomové práce bylo modelování úpadku vybraných středoevropských firem pomocí zvoleného modelu CreditMetricsTM, propočet parametrů rozdělení pravděpodobnosti kreditního rizika, posouzení korelace výnosů aktiv a určení vlivu jedinečného a systematického rizika na vybrané společnosti.

Práce byla rozdělena do čtyř kapitol, které zahrnovaly teoretickou a praktickou část. Teoretická část byla zaměřena na popis metodologie a v části praktické byla provedena aplikace vybraného modelu CreditMetricsTM na vzorku středoevropských firem a následně zhodnocení dosažených výsledků.

Ve druhé kapitole byla popsána jednotlivá finanční rizika, kreditní riziko a vysvětleny pojmy očekávaná a neočekávaná ztráta. Taktéž byly charakterizovány jednotlivé modely stanovující kreditní riziko. Dále byl popsán výpočet kreditního rizika pomocí modelu CreditMetricsTM pro jeden a více instrumentů analytickým způsobem a pomocí simulační metody Monte Carlo, kterou je vhodné použít pro větší portfolia.

Ve třetí kapitole byl aplikován vybraný model na data středoevropských firem na základě metodologie stanovené ve druhé kapitole. V samotném úvodu kapitoly byla shrnuta vstupní data potřebná pro výpočet, kterými jsou informace o jednotlivých emitentech a dluhopisech obsažených v portfoliu, závislosti mezi dluhopisy, pravděpodobnosti přechodu z jedné ratingové kategorie do jiné, výše míry návratnosti, výše úrokových sazeb a meze přechodu. Dále bylo v rámci aplikační části provedeno modelování rozdělení pravděpodobnosti portfolia pomocí simulace Monte Carlo pro 10 000 scénářů, jejíž součástí bylo přiřazení hodnot dluhopisům podle ratingu a vypočtení nových hodnot portfolií, a následně byly vypočteny parametry, které charakterizují kreditní riziko, a to za období od 10. 3. 2009 do 10. 3. 2014.

Z možného očekávaného rozdělení hodnot portfolia byly stanoveny charakteristiky kreditního rizika. Střední hodnotě ztráty byla přiřazena částka 15 262,45 EUR a směrodatné

odchylce vyjadřující rizikovost analyzovaného portfolia hodnota 49 985,64 EUR. Hodnota *VaR* portfolia byla stanovena na 109 400,46 EUR, tedy s pravděpodobností 5 % by byla ztráta větší nebo rovna této částce. Případná rezerva ke krytí neočekávané ztráty byla stanovena ve výši 94 138,01 EUR. Při defaultu všech dluhopisů dosahovalo portfolio hodnoty nula. V případě, že všechny dluhopisy byly ohodnoceny ratingem A, bylo dosaženo hodnoty portfolia 13 088,82 EUR.

Ve čtvrté kapitole byly zhodnoceny výsledky zjištěné v kapitole třetí a byla stanovena korelace mezi dluhopisy a korelace aktiv, které zkoumají vliv instrumentů na celkové riziko. V rámci korelační analýzy mezi dluhopisy bylo zjištěno, že mezní riziko dluhopisu v portfoliu je menší než riziko samostatně stojícího dluhopisu z důvodu diverzifikace rizika. Nejvíce rizikovým dluhopisem je v rámci portfolia dluhopis PGNiG s hodnotou rizika 2,83 %. Z provedené korelační analýzy mezi aktivy bylo zjištěno, že firmy byly v malé míře ovlivněny systematickým rizikem, ale v průměru z 99,19 % byly ovlivněny jedinečným rizikem.

V současné době je kreditní riziko jedním z nejvýznamnějších tržních rizik a je považováno také za riziko nejnebezpečnější, neboť souvisí se splacením závazků. Proto jsou modely stanovující kreditní riziko neustále vyvíjeny, přizpůsobovány nejnovějším podmínkám a je také kladen větší důraz na řízení kreditního rizika, které je zkvalitňováno a zefektivňováno.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Knihy

1. **AMBROŽ, Luděk.** *Měření rizika ve financích*. 1. Praha 4: Ekopress, s.r.o., 2011. str. 232. ISBN 978-80-86929-76-7.
2. **BLUHM, Ch., L. OVERBECK and Ch. WAGNER.** *An Introduction to Credit Risk Modeling*. 1st. Boca Ration: CRC Press LLC., 2003. str. 286. ISBN 1-58488-326X.
3. **JÍLEK, Josef.** *Finanční rizika*. 1. Praha : GRADA Publishing, s.r.o., 2000. str. 640. ISBN 80-7169-579-3.
4. **RESTI, Andrea and Andrea SIRONI.** *Risk Management and Shareholders' Value in Banking*. 1st. Chichester: John Wiley and Sons Ltd., 2007. str. 782. ISBN 978-0-470-02978-7.
5. **WITZANY, Jiří.** *Credit Risk Management and Modeling*. 1st. Praha: Vysoká škola ekonomická v Praze, Nakladatelství Oeconomica, 2010. str. 214. ISBN 978-80-245-1682-0.
6. **ZMEŠKAL, Z., D. DLUHOŠOVÁ a T. TICHÝ.** *Finanční modely*. 3. přeprac. vyd. Praha: Ekopress, 2013. 267 str. ISBN 978-80-86929-91-0.

Tištěná periodika

7. **BLACK, Fisher and Myron SCHOLES.** *The Pricing of Options and Corporate Liabilities*. Journal of Political Economy, Vol. 81, 1973, s. 637-654.
8. **MERTON, Robert C.** *On the Pricing of Corporate Debt: The Risk Structure of Interest Rates*. Journal of Finance, Vol. 29, 1974, s. 449-470.
9. **VAŠÍČEK, Oldřich A.** *Credit Valuation*. Unpublished Papers, KMV Corporation, 1984.

Elektronické dokumenty

10. **JP MORGAN'S RISK MANAGEMENT.** *CreditMetrics-Technical Document.* *msci.com.* [Online] 2007. [Citace: 21. 2 2014.] http://www.msci.com/resources/technical_documentation/CMTD1.pdf.

11. **Standard & Poor's Rating Services.** [Online] [Citace: 20. 2 2014.] <http://www.maalot.co.il/publications/TS20140324161423.pdf>.

Diplomové práce

12. **KAPOŠVÁRYOVÁ, Hana.** *Stanovení kreditního rizika portfolia dluhových aktiv* [online]. Ostrava, 2011 [cit. 2014-01-10]. Dostupné z: <https://dspace.vsb.cz/handle/10084/89269?show=full>. Diplomová práce. Vysoká škola Báňská - Technická univerzita Ostrava. Katedra financí.

13. **NOVÁK, Václav.** *Stanovení kreditního rizika portfolia obligací obchodovaných na LSE dle metody CreditMetrics* [online]. Ostrava, 2013 [cit. 2014-01-10]. Dostupné z: <https://dspace.vsb.cz/handle/10084/96460>. Diplomová práce. Vysoká škola Báňská - Technická univerzita Ostrava. Ekonomická fakulta.

14. **SIKOROVÁ, Tereza.** *Stanovení kreditního rizika portfolia dluhových instrumentů pomocí metodologie CreditMetrics* [online]. Ostrava, 2009 [cit. 2014-01-10]. Dostupné z: <https://dspace.vsb.cz/handle/10084/72371>. Diplomová práce. Vysoká škola Báňská - Technická univerzita Ostrava. Ekonomická fakulta.

Ostatní

15. **PX-GLOB.** *Prague Stock Exchange.* [Online] [Citace: 24. 3 2014.] http://ftp.pse.cz/Info.bas/Eng/en_PX-GLOB.pdf.

16. **Burzovní indexy.** *Burza cenných papírů Praha.* [Online] [Citace: 24. 3 2014.] <http://www.bcpp.cz/dokument.aspx?k=Burzovni-Indexy>.

17. **Frankfurtská burza cenných papírů.** [Online] [Citace: 10. 3 2014.] www.boerse-frankfurt.de.

18. **Index Fact Sheets.** *MSCI*. [Online] [Citace: 24. 3 2014.]
http://www.msci.com/resources/fact_sheet/.

19. **Kurzy devizového trhu.** *Česká národní banka*. [Online] [Citace: 18. 3 2014.]
http://www.cnb.cz/cs/financni_trhy/devizovy_trh/kurzy_devizoveho_trhu/denni_kurz.jsp.

20. **MSCI Index Performance.** *MSCI*. [Online] [Citace: 24. 3 2014.]
<http://www.msci.com/products/indexes/performance.html>.

21. **Ratingové hodnocení ČR.** *Česká národní banka*. [Online] [Citace: 1. 4 2014.]
http://www.cnb.cz/cs/menova_politika/zpravy_o_inflaci/2011/2011_IV/box_a_prilohy/zoi_2011_IV_box_2.html.

22. **Research and Ratings.** *Moody's*. [Online] [Citace: 10. 3 2014.]
<https://www.moodys.com/researchandratings>.

23. **Standard & Poor's.** *Global Credit Portal* [Online] [Citace: 12. 2 2014.]
https://www.globalcreditportal.com/ratingsdirect/renderArticle.do?articleId=1101749&SctArtId=146105&from=CM&nsl_code=LIME.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

AÚV	aliquótní úrokový výnos,
BASF	Bayrische Anylin- und Soda- Fabrik,
C	kupon,
CPV	Credit Portfolio View,
EAD	očekávaná hodnota úvěrové expozice při úpadku,
EL	očekávaná ztráta,
ISIN	mezinárodní identifikační číslo dluhopisu,
KMV	KMV Corporation: Kealhofer, McQuown a Vašíček,
LGD	očekávaná ztráta při úpadku,
NH	nominální hodnota dluhopisu,
OTC	Over the Counter,
PD	pravděpodobnost úpadku,
PGNiG	Polskie Górnictwo Naftowe i Gazownictwo,
RR	míra návratnosti,
S&P's	Standard & Poor's,
UL	neočekávaná ztráta,
VaR	Value at Risk,
Wien	Wienerberger AG.

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byla seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 15.4.2014.

.....*Bajgerová*.....

Bc. Eliška Bajgerová

Přílohy

Příloha č. 1 Výnosy akcií

Příloha č. 2 Nezávislé náhodné proměnné

Příloha č. 3 Závislé náhodné proměnné

Příloha č. 4 Ratingové hodnocení přiřazené závislým náhodným proměnným

Příloha č. 5 Nové hodnoty dluhopisů a jejich přírůstků

Příloha č. 6 Ceny indexů (v EUR a CZK)

Příloha č. 7 Denní výnosy indexů

Výnosy akcií

Datum	BASF	ČEZ	Bayer	Nestlé	OMV	Wien	PGNiG
Mar 10, 2014	-0,0044	-0,0010	-0,002796	0,0004	-0,0056	0,0000	-0,0242
Mar 7, 2014	-0,0182	0,0010	-0,029345	-0,0031	-0,0120	0,0174	-0,0043
Mar 6, 2014	-0,0002	-0,0041	-0,004008	0,0000	0,0006	-0,0037	0,0152
Mar 5, 2014	-0,0125	0,0083	-0,012523	-0,0044	-0,0061	0,0184	-0,0471
Mar 4, 2014	0,0274	0,0322	0,031605	0,0171	0,0255	0,0142	0,0362
Mar 3, 2014	-0,0422	-0,0348	-0,047770	-0,0140	-0,0249	-0,0297	-0,1010
Feb 28, 2014	0,0172	0,0332	0,030089	0,0020	-0,0024	0,0125	0,0238
Feb 27, 2014	-0,0218	-0,0207	-0,004995	-0,0015	-0,0337	0,0104	-0,0159
Feb 26, 2014	0,0087	-0,0182	-0,009422	0,0073	-0,0061	0,0098	-0,0118
Feb 25, 2014	-0,0022	-0,0482	-0,008845	0,0000	0,0082	0,0008	-0,0155
Feb 24, 2014	0,0132	-0,0132	0,007859	0,0074	0,0136	0,0046	0,0313
Feb 21, 2014	-0,0009	0,0015	0,001974	0,0011	-0,0148	0,0223	0,0000
Feb 20, 2014	-0,0062	0,0049	-0,006893	-0,0002	0,0328	-0,0093	0,0080
Feb 19, 2014	0,0015	0,0267	0,005906	-0,0004	-0,0165	0,0015	0,0141
Feb 18, 2014	0,0052	0,0136	0,003461	-0,0028	-0,0042	0,0156	-0,0161
Feb 17, 2014	-0,0038	-0,0025	-0,001485	0,0019	0,0048	0,0166	0,0000
Feb 14, 2014	0,0153	0,0158	0,011040	-0,0076	0,0009	-0,0087	-0,0178
Feb 13, 2014	0,0085	0,0181	0,008941	-0,0124	-0,0042	0,0048	0,0138
Feb 12, 2014	0,0066	0,0335	0,001010	0,0016	0,0262	0,0008	0,0262
Feb 11, 2014	0,0217	0,0092	0,036517	0,0031	0,0144	0,0372	0,0103
Feb 10, 2014	-0,0064	-0,0200	-0,000105	-0,0091	-0,0056	0,0158	-0,0285
Feb 7, 2014	0,0083	-0,0005	0,002097	0,0203	0,0136	0,0109	0,0080
Feb 6, 2014	0,0196	0,0293	0,004419	0,0149	0,0164	0,0154	0,0142
Feb 5, 2014	0,0008	-0,0071	-0,011740	0,0098	-0,0022	0,0026	0,0397
Feb 4, 2014	-0,0181	-0,0065	-0,013045	-0,0128	-0,0028	0,0035	-0,0232
Feb 3, 2014	-0,0196	-0,0242	-0,006868	0,0004	-0,0047	-0,0129	0,0361
Jan 31, 2014	-0,0025	0,0214	-0,005603	-0,0110	-0,0373	-0,0178	0,0130
Jan 30, 2014	0,0092	0,0208	0,004480	0,0002	-0,0213	-0,0042	-0,0087
Jan 29, 2014	-0,0016	-0,0072	-0,000612	-0,0026	-0,0176	-0,0157	-0,0341
Jan 28, 2014	0,0194	-0,0351	0,000306	0,0100	0,0215	0,0124	0,0000
Jan 27, 2014	-0,0026	-0,0090	-0,011058	-0,0115	0,0093	0,0168	0,0084
Jan 24, 2014	-0,0245	-0,0131	-0,035481	-0,0190	-0,0170	-0,0455	-0,0271
Jan 23, 2014	-0,0060	0,0047	-0,013059	-0,0067	-0,0126	-0,0287	-0,0541
Jan 22, 2014	-0,0048	0,0136	0,009172	-0,0020	-0,0142	-0,0024	0,0157
Jan 21, 2014	0,0093	-0,0047	0,010237	0,0081	-0,0151	0,0031	0,0281
Jan 20, 2014	0,0046	-0,0058	0,007376	0,0096	0,0040	-0,0172	-0,0202
Jan 17, 2014	0,0063	0,0190	0,000494	0,0009	-0,0214	-0,0123	0,0000
Jan 16, 2014	0,0103	-0,0005	-0,004435	0,0184	0,0089	-0,0144	-0,0099
Jan 15, 2014	0,0078	0,0027	0,035938	-0,0022	0,0178	0,0384	0,0200

Datum	BASF	ČEZ	Bayer	Nestlé	OMV	Wien	PGNiG
Jan 14, 2014	0,0010	0,0000	-0,001121	0,0006	-0,0125	0,0071	-0,0080
Jan 13, 2014	0,0012	0,0387	-0,009525	0,0074	-0,0045	0,0199	0,0305
Jan 10, 2014	0,0088	0,0100	0,003435	0,0039	0,0056	0,0138	-0,0285
Jan 9, 2014	-0,0165	-0,0022	-0,012870	-0,0056	0,0042	0,0198	0,0202
Jan 8, 2014	-0,0066	-0,0303	-0,012903	-0,0048	0,0143	0,0042	-0,0081
Jan 7, 2014	0,0271	-0,0294	0,010409	0,0065	-0,0095	0,0254	-0,0475
Jan 3, 2014	0,0025	0,0000	0,007468	0,0150	0,0035	-0,0017	-0,0211
Jan 2, 2014	-0,0144	0,0042	-0,018812	-0,0028	-0,0023	0,0035	0,0249
Dec 30, 2013	-0,0059	0,0058	-0,010732	-0,0024	-0,0055	-0,0026	0,0019
Dec 27, 2013	0,0136	0,0021	0,015156	0,0096	0,0200	-0,0026	-0,0250
Dec 23, 2013	0,0116	0,0069	0,020303	0,0006	0,0056	-0,0103	-0,0038
Dec 20, 2013	0,0100	0,0000	0,000603	0,0120	0,0149	0,0129	0,0076
Dec 19, 2013	0,0099	-0,0016	0,011026	0,0027	-0,0089	0,0104	-0,0263
Dec 18, 2013	0,0035	-0,0027	0,022112	-0,0038	0,0189	0,0052	0,0206
Dec 17, 2013	-0,0123	0,0005	-0,008285	0,0060	-0,0274	-0,0217	-0,0038
Dec 16, 2013	0,0204	-0,0053	0,015906	0,0064	-0,0105	0,0009	0,0171
Dec 13, 2013	-0,0039	0,0075	-0,002721	-0,0112	-0,0147	0,0164	-0,0057
Dec 12, 2013	-0,0057	-0,0305	-0,001253	-0,0158	-0,0043	-0,0121	-0,0189
Dec 11, 2013	-0,0098	-0,0026	0,000522	-0,0032	-0,0156	-0,0077	-0,0204
Dec 10, 2013	-0,0070	0,0047	-0,012660	-0,0054	0,0222	-0,0245	-0,0236
Dec 9, 2013	-0,0003	-0,0057	0,010052	-0,0011	0,0035	0,0279	-0,0125
Dec 6, 2013	0,0090	-0,0005	0,007213	0,0153	0,0122	0,0121	-0,0175
Dec 5, 2013	-0,0101	-0,0149	-0,004501	0,0063	-0,0268	0,0149	0,0052
Dec 4, 2013	-0,0201	-0,0036	-0,014618	-0,0044	-0,0239	-0,0244	-0,0052
Dec 3, 2013	-0,0219	-0,0290	-0,014205	-0,0153	-0,0028	-0,0544	0,0070
Dec 2, 2013	0,0047	0,0079	0,003558	-0,0093	-0,0008	0,0008	-0,0070
Nov 29, 2013	0,0054	-0,0079	0,010544	0,0004	0,0058	0,0065	0,0193
Nov 28, 2013	0,0023	0,0129	0,004538	0,0033	-0,0031	-0,0106	0,0125
Nov 27, 2013	0,0063	0,0141	0,009765	-0,0022	-0,0022	0,0008	-0,0196
Nov 26, 2013	-0,0023	-0,0416	-0,002815	-0,0142	-0,0028	-0,0121	-0,0380
Nov 25, 2013	0,0136	0,0039	0,001354	0,0039	0,0175	0,0032	0,0154
Nov 22, 2013	-0,0014	0,0142	-0,000521	0,0002	-0,0139	0,0122	-0,0103
Nov 21, 2013	-0,0058	0,0020	0,010895	-0,0029	0,0031	0,0008	-0,0085
Nov 20, 2013	-0,0043	-0,0059	0,007400	-0,0015	-0,0116	0,0041	0,0000
Nov 19, 2013	-0,0055	-0,0219	-0,003707	0,0020	0,0016	-0,0219	-0,0084
Nov 18, 2013	-0,0005	0,0204	-0,003167	0,0053	0,0125	-0,0143	0,0375
Nov 15, 2013	0,0023	-0,0195	-0,001685	-0,0006	0,0064	-0,0008	-0,0087
Nov 14, 2013	0,0202	-0,0010	0,021481	0,0070	-0,0136	0,0032	0,0297
Nov 13, 2013	0,0022	0,0058	-0,004719	0,0004	0,0047	-0,0196	-0,0053
Nov 12, 2013	0,0029	-0,0005	-0,001390	0,0035	-0,0061	0,0078	-0,0070
Nov 8, 2013	-0,0065	-0,0029	0,004381	0,0011	-0,0245	-0,0102	0,0106
Nov 7, 2013	0,0042	-0,0305	-0,005127	0,0052	-0,0119	0,0023	-0,0262
Nov 6, 2013	0,0003	0,0234	0,012435	0,0107	0,0248	0,0078	0,0035

Datum	BASF	ČEZ	Bayer	Nestlé	OMV	Wien	PGNiG
Nov 5, 2013	-0,0036	-0,0038	0,001619	-0,0077	-0,0052	-0,0094	-0,0035
Nov 4, 2013	-0,0063	0,0224	0,015351	0,0013	0,0338	0,0165	0,0209
Oct 31, 2013	0,0105	-0,0296	-0,010649	0,0128	0,0023	0,0000	-0,0175
Oct 30, 2013	-0,0028	0,0248	0,002381	-0,0126	0,0111	0,0055	-0,0052
Oct 29, 2013	0,0046	0,0646	0,009908	0,0024	0,0205	-0,0126	0,0156
Oct 28, 2013	0,0069	-0,0066	0,002081	0,0026	-0,0159	0,0008	0,0106
Oct 25, 2013	0,0131	0,0030	0,006380	-0,0032	-0,0011	-0,0062	-0,0088
Oct 24, 2013	0,0019	-0,0005	-0,006599	0,0049	-0,0006	-0,0169	-0,0035
Oct 23, 2013	0,0011	-0,0035	0,009141	0,0026	0,0020	0,0038	-0,0087
Oct 22, 2013	0,0066	0,0091	0,012132	0,0099	-0,0040	-0,0053	-0,0103
Oct 21, 2013	-0,0004	0,0199	-0,013238	-0,0013	0,0101	0,0278	0,0156
Oct 18, 2013	0,0076	0,0193	0,012007	0,0115	-0,0132	0,0254	-0,0069
Oct 17, 2013	-0,0022	0,0251	-0,000671	0,0313	-0,0006	-0,0016	-0,0120
Oct 16, 2013	0,0129	0,0125	0,014977	-0,0036	-0,0023	0,0178	0,0120
Oct 15, 2013	0,0100	-0,0109	0,013363	0,0042	0,0088	-0,0234	-0,0137
Oct 14, 2013	-0,0034	-0,0272	-0,003100	-0,0002	-0,0080	-0,0127	-0,0203
Oct 11, 2013	0,0017	-0,0239	0,018510	0,0076	0,0028	0,0111	0,0000
Oct 10, 2013	0,0236	0,0176	0,018027	0,0052	0,0040	0,0217	0,0462
Oct 9, 2013	-0,0021	0,0047	-0,002494	-0,0048	-0,0023	-0,0178	-0,0017
Oct 8, 2013	-0,0046	-0,0156	-0,006384	-0,0118	-0,0082	-0,0182	-0,0017
Oct 7, 2013	-0,0055	0,0156	-0,014507	-0,0053	-0,0062	-0,0202	-0,0292
Oct 4, 2013	-0,0027	0,0016	-0,001857	0,0036	-0,0095	0,0000	-0,0218
Oct 3, 2013	-0,0083	-0,0177	-0,002547	-0,0055	-0,0036	0,0023	-0,0066
Oct 2, 2013	-0,0013	-0,0015	-0,014351	-0,0133	-0,0069	-0,0077	-0,0212
Oct 1, 2013	0,0102	0,0062	0,006518	-0,0016	-0,0074	0,0061	0,0114
Sep 30, 2013	-0,0088	-0,0057	-0,003779	-0,0004	-0,0193	0,0132	0,0098
Sep 27, 2013	-0,0078	-0,0026	0,007112	-0,0019	0,0076	-0,0101	-0,0049
Sep 26, 2013	-0,0014	0,0119	0,003806	0,0050	0,0274	-0,0008	-0,0033
Sep 25, 2013	-0,0022	-0,0057	0,000809	-0,0029	0,0095	0,0515	-0,0114
Sep 24, 2013	0,0007	0,0332	0,002663	-0,0023	0,0087	0,0222	0,0016
Sep 23, 2013	0,0043	-0,0085	-0,016560	-0,0002	-0,0062	0,0008	-0,0032
Sep 20, 2013	-0,0036	-0,0288	0,012279	0,0015	0,0003	0,0151	-0,0032
Sep 19, 2013	0,0012	-0,0209	0,016179	0,0170	0,0176	-0,0143	0,0178
Sep 18, 2013	0,0011	-0,0060	0,004587	0,0069	-0,0388	-0,0008	0,0000
Sep 17, 2013	-0,0036	0,0000	-0,004000	-0,0014	0,0006	-0,0083	0,0099
Sep 16, 2013	0,0359	-0,0025	0,017649	0,0014	-0,0047	0,0251	-0,0164
Sep 13, 2013	-0,0004	-0,0005	0,002872	0,0070	0,0135	-0,0126	-0,0129
Sep 12, 2013	0,0029	0,0378	-0,010491	0,0006	0,0036	-0,0280	-0,0191
Sep 11, 2013	0,0033	0,0452	0,009772	0,0042	0,0008	0,0024	0,0435
Sep 10, 2013	0,0312	0,0154	0,018005	0,0081	-0,0059	0,0458	0,0541
Sep 9, 2013	0,0061	0,0139	-0,017526	-0,0024	0,0031	0,0356	0,0070
Sep 6, 2013	-0,0039	0,0429	-0,008709	0,0081	0,0059	0,0214	0,0266

...

Nezávislé náhodné proměnné

scénáře	e1	e2	e3	e4	e5	e6	e7
1	-0,0871	2,1920	0,7890	0,1434	-0,0551	-0,6235	1,7149
2	-1,1258	-0,2599	-0,1143	1,7963	-1,1602	1,2829	-0,3693
3	0,1498	-0,4256	0,2055	-0,2285	1,1022	-0,6455	0,1428
4	0,2954	-0,6240	0,1861	-0,4950	-0,4555	0,0231	-1,4072
5	-0,3269	-0,3532	0,3581	-0,7480	-0,8226	0,1006	0,7050
6	-1,1105	-0,8998	-1,5321	-0,9859	0,4552	-1,0389	0,9902
7	1,6476	0,6037	0,0029	-2,6627	-1,2530	-0,7819	-0,2458
8	0,1505	-0,9716	0,3065	-1,1258	-0,2373	-0,3050	1,2650
9	0,3195	0,8561	-0,2941	0,6699	-0,0581	1,4113	1,4596
10	-2,5150	-0,4341	0,5549	0,7651	0,3835	-0,6105	0,9525
11	2,2773	-0,8069	-0,8339	0,3100	0,2010	-0,4164	0,8985
12	-0,3291	0,1736	0,2956	-0,3184	-0,1893	0,5525	0,8846
13	2,3593	-1,1220	0,5747	-1,5801	1,2035	1,4319	0,0841
14	-0,1649	-0,3712	0,3453	-0,6351	0,5208	0,7489	1,1993
15	-0,2291	-0,1311	0,2191	-0,3220	-2,7422	0,9976	0,1519
16	-0,7281	-0,6154	0,3923	1,0848	-0,9737	1,6292	0,1510
17	1,4719	0,4563	2,3260	0,1137	-0,2169	0,3127	0,8163
18	-0,1413	0,7074	-1,4667	-1,0540	-1,8263	-1,1220	0,7243
19	1,5206	-0,9183	-0,7835	0,6555	1,3722	0,3301	1,0192
20	0,6915	2,0252	-0,0578	-0,8697	0,7452	-0,5673	-0,8395
21	-0,1234	-1,2665	0,3392	-1,0018	-2,0654	-0,6165	-1,3805
22	1,3517	-0,3088	0,3376	0,7312	0,2463	-1,1264	0,7616
23	-1,2717	-1,1555	-0,0829	0,0088	0,8916	-0,6014	-0,6068
24	-0,4275	-1,2050	0,0294	0,2063	0,4313	0,7573	-1,2338
25	-0,9177	0,2097	-0,0081	0,6508	-0,0937	-0,9234	-0,9890
26	-1,0466	0,0105	-0,6131	-0,6101	-0,0983	0,1251	-1,3196
27	-0,2612	1,4311	0,2010	1,4319	-0,2731	0,4462	0,5532
28	-1,1215	0,6718	-0,3200	-0,9763	2,0839	1,3724	0,3226
29	-0,0601	0,8587	0,5420	1,1016	0,6017	1,0508	0,4235
30	0,6902	-0,9098	0,7903	1,6272	-0,9815	-1,9098	0,1041
31	0,9451	0,9728	-0,0950	0,6962	-0,0666	0,3180	-0,1043
32	-1,1608	-0,4553	-1,1793	-1,0387	-0,0584	0,6922	-1,3288
33	1,7704	0,7644	-1,2108	0,9192	1,0950	0,8910	0,0114
34	-0,0120	-0,0279	-0,3715	0,0857	-0,8269	-0,1220	0,8514
35	-0,0310	-0,2801	0,1853	1,6569	0,6229	-1,8348	0,0454
36	-0,8105	-0,7948	1,3813	0,3938	-0,2056	-1,0120	-0,0948
37	-0,5714	1,3305	1,6536	-1,6130	0,3086	-1,3158	-0,7078
38	-0,3246	-0,9998	-1,6892	0,1024	-0,2094	0,5649	0,0319
39	-0,7327	0,6790	0,6489	0,1882	0,8859	1,6214	-0,4421
40	0,9531	0,6238	-0,2730	0,1454	-0,3160	-0,6449	-0,6672
41	-0,0709	-0,4960	0,7650	0,5063	0,4851	1,2394	-2,2835

42	0,4105	-0,3070	0,7757	-0,7527	-0,1605	-0,8802	-0,7739
43	-1,6584	1,9204	-0,6508	1,3365	1,2938	-0,9341	0,9005
44	-1,4358	0,5262	-0,3992	-0,7067	-0,2208	0,8321	-2,4854
45	0,5905	0,9085	-0,5094	-0,1179	1,2219	-0,4597	-1,0146
46	-1,4313	-1,1593	0,6319	-0,5515	2,0391	0,7065	0,4463
47	-0,7674	1,1932	-1,3648	-0,8784	-0,2326	0,4540	-1,3946
48	0,6681	-1,1996	-1,6082	0,0267	0,3565	-0,5145	-2,0187
49	1,7917	0,4688	-0,8251	0,1919	-0,7773	0,6845	-1,4916
50	1,0536	1,0046	0,3103	1,2832	-0,9866	0,6608	-0,2287
51	1,1576	0,9382	0,1069	1,6759	0,7513	-0,1179	0,2439
52	-0,3950	-1,4056	1,3303	0,2885	0,2445	1,0063	0,1063
53	-1,8465	-0,2859	-0,0321	-1,4205	2,1508	0,4922	-0,1813
54	1,2132	1,1729	0,9547	-1,1794	0,1661	0,1929	-1,2045
55	-2,3861	1,6420	-0,6024	-0,0816	-1,4863	-0,9237	-0,7552
56	-0,1332	0,0957	0,1619	0,3106	-0,1594	-0,4080	-1,0672
57	0,9259	0,2982	0,1224	2,1143	1,9621	0,4535	-0,3463
58	0,5401	-0,1689	1,3533	-0,3672	-0,5929	0,1381	0,5397
59	0,1988	-0,5397	1,2232	-0,8017	-0,1838	-0,7182	1,5158
60	-0,1445	1,4616	-0,3666	-1,3956	-0,3262	-1,2020	0,0528
61	-0,7296	0,6984	-0,0626	0,7899	1,6866	-0,8938	0,4288
62	-0,0669	-0,1928	-0,3803	1,3853	0,2801	0,1196	0,3447
63	0,7684	-0,3229	-1,3342	1,1229	1,5218	-0,1316	0,0765
64	-1,2126	-0,3917	-0,9101	-0,7081	-0,3546	0,4803	-0,2138
65	-0,6199	2,0252	0,5255	1,0286	-0,4235	1,8415	0,3182
66	0,6688	-1,2491	-1,2224	-0,6917	0,6748	1,6850	-0,3630
67	-1,5999	-0,0647	0,3417	0,8922	-1,5341	-1,0202	-0,6617
68	2,4610	-0,4613	0,1621	0,5438	-0,0012	-0,0388	1,1290
69	-1,1091	-0,4603	0,2874	1,7599	-0,2820	0,8601	0,2794
70	-0,8278	0,7260	1,3131	1,7796	-2,3940	0,8189	-0,1315
71	2,1508	-0,2411	1,9223	0,1094	-0,7817	1,3171	0,2643
72	-2,2632	0,7395	-1,0649	1,2498	-1,3915	0,1038	0,1667
73	0,4452	0,7722	-0,8317	0,7490	0,8687	-0,8970	1,7726
74	-1,6825	-0,3777	0,5025	-0,5420	1,5145	-0,6562	-0,4780
75	0,2559	1,2435	1,5145	-1,7089	0,1137	-0,0862	-0,8181
76	-0,3515	-0,6480	-0,6025	-1,4791	0,8866	0,6094	-0,1790
77	1,9175	0,9160	-0,4076	-0,4515	2,6346	0,8881	-0,5165
78	-0,4234	-0,2989	-0,4504	1,7963	2,3399	0,1442	-1,9930
79	-0,6413	-0,3422	-0,6442	0,1013	0,1005	-0,4178	-1,3565
80	-1,3889	-1,0612	2,0163	-0,3185	-1,1770	0,4919	-0,6848
...							

Závislé náhodné proměnné

Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7
-0,0871	2,0666	0,6510	0,1788	0,2559	-0,3402	1,8410
-1,1258	-0,5833	-0,7267	0,1597	-0,5037	-0,1713	-0,7421
0,1498	-0,3617	0,2455	-0,0151	0,2908	0,0498	0,4351
0,2954	-0,5078	0,3064	-0,0577	-0,1376	-0,1012	-1,4749
-0,3269	-0,4345	0,1084	-0,2894	-0,5170	-0,4449	0,1676
-1,1105	-1,1896	-1,9087	-0,8123	-0,7512	-1,0824	0,3761
1,6476	1,0669	0,9316	-0,2526	-0,0540	-0,2508	-0,5636
0,1505	-0,8827	0,3187	-0,2835	-0,2882	-0,3155	0,8118
0,3195	0,9124	-0,0492	0,2898	0,3178	1,2420	1,6045
-2,5150	-1,1633	-0,9476	-0,4908	-0,8608	-1,4790	0,4722
2,2773	-0,0921	0,5585	0,6552	0,9687	0,6831	1,1827
-0,3291	0,0678	0,0659	-0,1532	-0,2164	0,2214	0,6949
2,3593	-0,3686	1,7677	0,2705	0,9871	2,6472	0,7947
-0,1649	-0,4035	0,1875	-0,2102	-0,0650	0,7339	1,1600
-0,2291	-0,1933	0,0519	-0,1435	-0,8988	-0,6043	-0,8517
-0,7281	-0,8043	-0,0918	0,1138	-0,4135	0,3499	-0,1996
1,4719	0,8739	2,7603	0,7361	0,8205	0,7893	1,2457
-0,1413	0,6332	-1,2826	-0,4754	-0,7842	-1,6150	-0,2278
1,5206	-0,4238	0,1770	0,5292	1,0100	1,4334	1,6101
0,6915	2,1392	0,3776	0,0243	0,5454	0,4627	-0,1814
-0,1234	-1,2458	0,1876	-0,3372	-0,9063	-1,5544	-2,2807
1,3517	0,1077	1,0265	0,6409	0,7889	-0,2311	1,0478
-1,2717	-1,4818	-0,7999	-0,4300	-0,4404	-0,7161	-0,7070
-0,4275	-1,2776	-0,2378	-0,1097	-0,1544	0,4596	-1,1378
-0,9177	-0,0731	-0,5132	-0,0804	-0,2842	-1,1636	-1,0607
-1,0466	-0,3016	-1,0915	-0,5543	-0,6427	-0,3642	-1,5380
-0,2612	1,2884	0,0504	0,4090	0,2430	0,1610	0,7494
-1,1215	0,3074	-0,8764	-0,6275	-0,0666	1,6459	0,8214
-0,0601	0,8018	0,4340	0,3888	0,4702	1,0716	0,9278
0,6902	-0,6630	1,0222	0,7270	0,3063	-1,8003	-0,1051
0,9451	1,2101	0,4667	0,5103	0,6210	0,6841	0,3162
-1,1608	-0,7803	-1,6347	-0,7892	-0,8509	0,0221	-1,6823
1,7704	1,2568	-0,0050	0,6970	1,2375	2,0005	0,9437
-0,0120	-0,0302	-0,3158	-0,0190	-0,2415	-0,4833	0,4324
-0,0310	-0,2767	0,1310	0,4786	0,4504	-1,2474	0,3009
-0,8105	-1,0001	0,6802	-0,0130	-0,3206	-1,3400	-0,3516
-0,5714	1,1000	1,0822	-0,4144	-0,2161	-0,9124	-0,5807
-0,3246	-1,0511	-1,6038	-0,2824	-0,4026	0,1101	-0,3466
-0,7327	0,4300	0,1449	-0,0721	0,0693	1,3759	0,0297
0,9531	0,8794	0,3163	0,3220	0,4049	-0,1648	-0,4538
-0,0709	-0,4946	0,5859	0,1874	0,1983	1,0523	-1,7513

0,4105	-0,1709	0,8665	-0,0239	0,0186	-0,5663	-0,7760
-1,6584	1,3394	-1,4248	-0,1094	0,0251	-0,7132	1,2158
-1,4358	0,0748	-1,1200	-0,6576	-0,7962	0,0026	-2,5760
0,5905	1,0431	-0,0762	0,1227	0,6239	0,5750	-0,2972
-1,4313	-1,5329	-0,2950	-0,5646	-0,2558	0,7640	0,6683
-0,7674	0,9105	-1,5367	-0,5840	-0,5385	0,0886	-1,4914
0,6681	-0,9462	-0,9881	-0,0053	0,1563	-0,0356	-1,8529
1,7917	0,9811	0,3213	0,5231	0,6017	0,9921	-1,1481
1,0536	1,2728	0,8644	0,7563	0,5629	0,5335	0,0302
1,1576	1,2403	0,7519	0,8771	1,1299	0,7623	1,0519
-0,3950	-1,4594	0,8568	0,0535	-0,1034	0,5359	0,0922
-1,8465	-0,8227	-1,0601	-0,9781	-0,5284	0,6139	0,0239
1,2132	1,4809	1,4918	0,1667	0,5437	0,9222	-0,6276
-2,3861	0,8570	-1,7952	-0,7425	-1,3361	-2,2584	-1,5783
-0,1332	0,0517	0,0623	0,0704	-0,0216	-0,4529	-0,9950
0,9259	0,5603	0,6230	0,9124	1,3726	1,5693	0,8953
0,5401	-0,0004	1,4212	0,1923	0,0865	0,0527	0,4374
0,1988	-0,4560	1,1157	-0,0629	-0,0820	-0,5721	1,2097
-0,1445	1,3522	-0,3555	-0,4315	-0,2893	-0,9050	-0,1466
-0,7296	0,4495	-0,4439	0,0284	0,3513	-0,1944	0,9453
-0,0669	-0,2039	-0,3569	0,3330	0,2600	0,1014	0,4947
0,7684	-0,0794	-0,6871	0,4025	0,8307	0,8623	0,7311
-1,2126	-0,7350	-1,4387	-0,6785	-0,8656	-0,3146	-0,7524
-0,6199	1,7488	0,1323	0,2409	0,0536	1,0769	0,5619
0,6688	-0,9933	-0,6682	-0,1738	0,1296	1,8203	-0,1951
-1,5999	-0,5382	-0,6079	-0,1885	-0,9300	-2,2463	-1,4111
2,4610	0,2924	1,4949	0,8954	1,1451	0,9663	1,5337
-1,1091	-0,7697	-0,3878	0,1892	-0,2584	-0,1039	0,1182
-0,8278	0,4466	0,6446	0,4308	-0,5060	-0,8859	-0,6743
2,1508	0,4103	2,7887	0,8704	0,8645	1,5277	0,6312
-2,2632	0,0320	-2,1291	-0,4028	-1,1321	-1,5332	-0,6552
0,4452	0,8697	-0,4274	0,2906	0,5910	-0,0424	2,0481
-1,6825	-0,8616	-0,5266	-0,6222	-0,4343	-0,5496	-0,3691
0,2559	1,2633	1,4254	-0,2118	0,0572	0,2956	-0,5296
-0,3515	-0,7233	-0,7091	-0,6200	-0,3028	0,7464	-0,1938
1,9175	1,4454	0,7470	0,4353	1,5322	2,8540	0,9772
-0,4234	-0,4114	-0,6157	0,3336	0,7208	0,8846	-0,9089
-0,6413	-0,5176	-0,8989	-0,2435	-0,3161	-0,5834	-1,4208
-1,3889	-1,4267	0,8804	-0,3351	-0,9527	-0,8892	-1,3161

...

Ratingové hodnocení přiřazené závislým náhodným proměnným

BASF	ČEZ	Bayer	Nestlé	OMV	Wien	PGNiG
A	D	BBB	A	BBB	A	D
A	A	A	A	A	A	A
A	A	BBB	A	BBB	A	BBB
BBB	A	BBB	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A
A	A	AA	A	A	A	BBB
D	D	D	A	A	A	A
A	A	BBB	A	A	A	D
BBB	D	A	BBB	BBB	D	D
AA	A	A	A	A	A	BBB
D	A	BBB	BBB	D	BB	D
A	A	A	A	A	A	BB
D	A	D	BBB	D	D	D
A	A	A	A	A	B	D
A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	BBB	A
D	D	D	B	D	D	D
A	BBB	A	A	A	AA	A
D	A	A	BBB	D	D	D
BB	D	BBB	A	BBB	BBB	A
A	A	A	A	A	A	AA
D	A	D	BBB	D	A	D
A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	BBB	A
A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A
A	D	A	BBB	BBB	A	B
A	BBB	A	A	A	D	D
A	D	BBB	BBB	BBB	D	D
BB	A	D	BB	BBB	AA	A
D	D	BBB	BBB	BBB	BB	BBB
A	A	AA	A	A	A	AA
D	D	A	BB	D	D	D
A	A	A	A	A	A	BBB
A	A	A	BBB	BBB	A	BBB
A	A	BB	A	A	A	A
A	D	D	A	A	A	A
A	A	A	A	A	A	A
A	BBB	A	A	A	D	A
D	D	BBB	BBB	BBB	A	A
A	A	BBB	A	A	D	AA

BBB	A	D	A	A	A	A
AA	D	A	A	A	A	D
A	A	A	A	A	A	AA
BBB	D	A	A	BBB	BBB	A
A	A	A	A	A	D	BB
A	D	A	A	A	A	A
BB	A	A	A	A	A	AA
D	D	BBB	BBB	BBB	D	A
D	D	D	CCC	BBB	BBB	A
D	D	B	D	D	D	D
A	A	D	A	A	BBB	A
AA	A	A	A	A	BBB	A
D	D	D	A	BBB	D	A
AA	D	AA	A	A	AA	A
A	A	A	A	A	A	A
D	BBB	BBB	D	D	D	D
BBB	A	D	A	A	A	BBB
A	A	D	A	A	A	D
A	D	A	A	A	A	A
A	BBB	A	A	BBB	A	D
A	A	A	BBB	BBB	A	BBB
D	A	A	BBB	D	D	B
A	A	A	A	A	A	A
A	D	A	BBB	A	D	BBB
BB	A	A	A	A	D	A
A	A	A	A	A	AA	A
D	BBB	D	D	D	D	D
A	A	A	A	A	A	A
A	BBB	BBB	BBB	A	A	A
D	BBB	D	D	D	D	BBB
AA	A	AA	A	A	A	A
BBB	D	A	BBB	BBB	A	D
AA	A	A	A	A	A	A
BBB	D	D	A	A	BBB	A
A	A	A	A	A	B	A
D	D	B	BBB	D	D	D
A	A	A	BBB	BB	D	A
A	A	A	A	A	A	A
...						

Nové hodnoty dluhopisů a jejich přírůstků

BASF	ČEZ	Bayer	Nestlé	OMV	Wien	PGNiG	ΔII
1 065,29	0,00	1 053,21	1 231,79	1 231,19	1 231,49	0,00	-107 539,90
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,48
1 065,29	1 172,13	1 053,21	1 231,79	1 231,19	1 231,49	118 923,23	12 555,46
1 065,04	1 172,13	1 053,21	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,04
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,48
1 065,29	1 172,13	1 053,48	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 923,23	12 556,24
0,00	0,00	0,00	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	9 335,66
1 065,29	1 172,13	1 053,21	1 231,79	1 231,70	1 231,49	0,00	-106 367,26
1 065,04	0,00	1 053,41	1 669,48	1 231,19	0,00	0,00	-108 333,74
1 065,37	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 923,23	12 556,26
0,00	1 172,13	1 053,21	1 669,48	0,00	1 227,07	0,00	-108 230,97
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 630,83	12 263,76
0,00	1 172,13	0,00	1 669,48	0,00	0,00	0,00	-110 511,25
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 224,64	0,00	-106 373,90
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,48
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 230,63	118 993,55	12 625,63
0,00	0,00	0,00	1 665,06	0,00	0,00	0,00	-111 687,80
1 065,29	1 141,57	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,79	118 993,55	12 596,22
0,00	1 172,13	1 053,41	1 669,48	0,00	0,00	0,00	-109 457,84
1 064,03	0,00	1 053,21	1 231,79	1 231,19	1 230,63	118 993,55	11 451,53
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	119 018,19	12 651,13
0,00	1 172,13	0,00	1 669,48	0,00	1 231,49	0,00	-109 279,76
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,48
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 230,63	118 993,55	12 625,63
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,48
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,48
1 065,29	0,00	1 053,41	1 669,48	1 231,19	1 231,49	118 431,46	11 329,45
1 065,29	1 141,57	1 053,41	1 231,79	1 231,70	0,00	0,00	-107 629,11
1 065,29	0,00	1 053,21	1 669,48	1 231,19	0,00	0,00	-108 333,69
1 064,03	1 172,13	0,00	1 668,62	1 231,19	1 231,79	118 993,55	12 008,44
0,00	0,00	1 053,21	1 669,48	1 231,19	1 227,07	118 923,23	10 751,32
1 065,29	1 172,13	1 053,48	1 231,79	1 231,70	1 231,49	119 018,19	12 651,20
0,00	0,00	1 053,41	1 668,62	0,00	0,00	0,00	-110 630,82
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 923,23	12 556,17
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 669,48	1 231,19	1 231,49	118 923,23	12 993,35
1 065,29	1 172,13	1 052,38	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 625,45
1 065,29	0,00	0,00	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	10 400,94
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,48
1 065,29	1 141,57	1 053,41	1 231,79	1 231,70	0,00	118 993,55	11 364,43
0,00	0,00	1 053,21	1 669,48	1 231,19	1 231,49	118 993,55	10 826,05
1 065,29	1 172,13	1 053,21	1 231,79	1 231,70	0,00	119 018,19	11 419,44

1 065,04	1 172,13	0,00	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	11 572,83
1 065,37	0,00	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	0,00	-107 539,11
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	119 018,19	12 651,13
1 065,04	0,00	1 053,41	1 231,79	1 231,19	1 230,63	118 993,55	11 452,74
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	0,00	118 630,83	11 032,28
1 065,29	0,00	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	11 454,35
1 064,03	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	119 018,19	12 649,87
0,00	0,00	1 053,21	1 669,48	1 231,19	0,00	118 993,55	9 594,57
0,00	0,00	0,00	807,81	1 231,19	1 230,63	118 993,55	8 910,31
0,00	0,00	1 051,80	0,00	0,00	0,00	0,00	-112 301,06
1 065,29	1 172,13	0,00	1 231,79	1 231,70	1 230,63	118 993,55	11 572,21
1 065,37	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 230,63	118 993,55	12 625,71
0,00	0,00	0,00	1 231,79	1 231,19	0,00	118 993,55	8 103,66
1 065,37	0,00	1 053,48	1 231,79	1 231,70	1 231,79	118 993,55	11 454,81
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,48
0,00	1 141,57	1 053,21	0,00	0,00	0,00	0,00	-111 158,08
1 065,04	1 172,13	0,00	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 923,23	11 502,51
1 065,29	1 172,13	0,00	1 231,79	1 231,70	1 231,49	0,00	-107 420,48
1 065,29	0,00	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	11 454,35
1 065,29	1 141,57	1 053,41	1 231,79	1 231,19	1 231,49	0,00	-106 398,14
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 669,48	1 231,19	1 231,49	118 923,23	12 993,35
0,00	1 172,13	1 053,41	1 669,48	0,00	0,00	118 431,46	8 973,62
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,48
1 065,29	0,00	1 053,41	1 669,48	1 231,70	0,00	118 923,23	10 590,25
1 064,03	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	0,00	118 993,55	11 393,74
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,79	118 993,55	12 626,78
0,00	1 141,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	-112 211,29
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,48
1 065,29	1 141,57	1 053,21	1 669,48	1 231,70	1 231,49	118 993,55	13 033,42
0,00	1 141,57	0,00	0,00	0,00	0,00	118 923,23	6 711,94
1 065,37	1 172,13	1 053,48	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,64
1 065,04	0,00	1 053,41	1 669,48	1 231,19	1 231,49	0,00	-107 102,25
1 065,37	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,57
1 065,04	0,00	0,00	1 231,79	1 231,70	1 230,63	118 993,55	10 399,84
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 224,64	118 993,55	12 619,64
0,00	0,00	1 051,80	1 669,48	0,00	0,00	0,00	-110 631,58
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 669,48	1 229,50	0,00	118 993,55	11 830,50
1 065,29	1 172,13	1 053,41	1 231,79	1 231,70	1 231,49	118 993,55	12 626,48

...

Ceny indexů (v EUR a CZK)

	MSCI IMI Index Švýcarska	MSCI IMI Index Polska	MSCI IMI Index Rakouska	MSCI IMI Index Německa	PX-GLOB
III 24, 2009	335,260	379,940	264,035	404,627	992,9
III 25, 2009	344,169	402,627	273,960	409,475	1030,2
III 26, 2009	343,879	399,709	280,260	412,072	1032,8
III 27, 2009	333,148	381,370	274,088	408,724	1008,9
III 30, 2009	317,939	365,980	264,123	384,609	961,3
III 31, 2009	336,754	369,747	272,847	394,757	960,9
IV 01, 2009	346,117	382,943	277,023	401,251	976,1
IV 02, 2009	368,662	417,563	291,011	431,738	1033,8
IV 03, 2009	364,584	420,238	295,382	433,141	1060,9
IV 06, 2009	356,534	426,019	293,234	430,483	1048,7
IV 07, 2009	347,522	410,047	282,127	427,127	1016,4
IV 08, 2009	351,565	427,968	293,741	432,566	1045,8
IV 09, 2009	366,628	452,946	300,879	447,218	1078,8
IV 10, 2009	366,628	452,946	300,879	447,218	1085,4
IV 14, 2009	376,191	458,800	315,189	454,934	1089,6
IV 15, 2009	370,700	460,969	304,829	453,275	1084,2
IV 16, 2009	388,038	455,394	309,086	460,686	1095,3
IV 17, 2009	386,091	441,036	320,895	469,952	1091,6
IV 20, 2009	371,129	423,849	306,865	447,769	107106
IV 21, 2009	372,542	424,618	306,299	446,980	1051,4
IV 22, 2009	383,761	429,504	307,095	456,345	1063,8
IV 23, 2009	392,402	428,327	305,652	446,671	1064,6
IV 24, 2009	399,321	439,998	311,004	460,105	1077,7
IV 27, 2009	404,262	428,263	308,094	461,834	1071
IV 28, 2009	394,810	418,585	301,743	451,834	1063,7
IV 29, 2009	409,133	437,176	305,327	463,339	1100,9
IV 30, 2009	417,679	447,840	310,262	470,904	1139
V 04, 2009	423,410	468,475	327,067	480,293	1159,6
V 05, 2009	419,589	462,742	336,147	479,411	1189,2
V 06, 2009	419,039	459,241	339,181	481,934	1207,7
V 07, 2009	415,881	460,013	343,540	469,202	1242,6
V 11, 2009	434,772	458,119	339,969	469,941	1217,4
V 12, 2009	430,623	466,642	335,645	466,639	1228,8
V 13, 2009	407,821	451,662	316,245	449,031	1157
V 14, 2009	417,766	448,967	318,917	450,796	1136,2
V 15, 2009	420,296	450,747	321,347	451,619	1156,2
V 18, 2009	430,534	461,984	327,046	462,666	1156,1
V 19, 2009	440,996	476,703	335,524	473,667	1178
V 20, 2009	440,038	477,412	345,851	480,318	1211,4
V 21, 2009	438,489	462,096	345,851	466,746	1187,9

V 22, 2009	427,717	455,311	336,235	469,093	1183,6
V 25, 2009	427,753	451,912	338,237	468,168	1180,6
V 26, 2009	431,011	454,012	333,927	476,005	1170,8
V 27, 2009	437,071	463,665	334,444	479,387	1168,5
V 28, 2009	428,765	450,210	334,513	471,454	1159,2
V 29, 2009	432,219	449,868	346,051	472,045	1120,9
VI 01, 2009	429,986	483,700	346,051	493,050	1181,4
VI 02, 2009	442,116	492,133	357,562	491,214	1193,1
VI 03, 2009	436,417	480,008	351,131	481,912	1189,2
VI 04, 2009	442,326	488,416	348,000	481,549	1198,2
VI 05, 2009	446,177	484,340	354,178	484,106	1217
VI 08, 2009	443,431	476,886	347,317	475,760	1200,6
VI 09, 2009	440,945	491,440	352,109	474,198	1227,3
VI 10, 2009	447,695	501,394	362,259	480,120	1238,3
VI 11, 2009	453,003	505,925	362,259	485,233	1234,1
VI 12, 2009	450,315	513,754	361,896	483,042	1226,5
VI 15, 2009	442,487	496,141	351,970	465,947	1207,7
VI 16, 2009	438,703	491,133	347,670	465,122	1200,1
VI 17, 2009	429,548	476,171	332,741	455,020	1185,6
VI 18, 2009	432,035	472,635	333,628	459,271	1185
VI 19, 2009	433,608	485,256	338,347	461,148	1195
VI 22, 2009	422,743	446,623	321,901	446,538	1153,2
VI 23, 2009	418,694	443,437	319,183	447,884	1134,1
VI 24, 2009	424,532	457,464	335,579	459,003	1154,8
VI 25, 2009	420,704	455,523	335,734	457,053	1145,3
VI 26, 2009	420,931	458,540	336,044	453,912	1147,8
VI 29, 2009	429,912	462,996	344,284	466,083	1145,7
VI 30, 2009	424,665	465,348	341,928	459,563	1157,6
VII 01, 2009	430,442	481,155	349,745	469,587	1161,1
VII 02, 2009	421,696	470,523	343,026	452,202	1145,8
VII 03, 2009	420,015	468,719	338,853	450,036	1131,6
VII 07, 2009	411,687	458,321	331,861	439,377	1134,3
VII 08, 2009	404,538	455,996	323,834	436,877	1139,2
VII 09, 2009	405,249	468,322	323,538	442,049	1148,9
VII 10, 2009	403,468	459,306	322,700	437,018	1146,1
VII 13, 2009	410,572	462,233	328,985	451,607	1167,4
VII 14, 2009	415,694	478,485	338,171	458,863	1193,9
VII 15, 2009	426,101	495,367	346,472	472,826	1214,1
VII 16, 2009	429,436	489,551	351,358	475,711	1210
VII 17, 2009	429,992	485,108	343,714	476,700	1206

...

Denní výnosy indexů

	MSCI IMI Index Švýcarska	MSCI IMI Index Polska	MSCI IMI Index Rakouska	MSCI IMI Index Německa	PX-GLOB
III 24, 2009	0,0262	0,0580	0,0369	0,0119	0,0369
III 25, 2009	-0,0008	-0,0073	0,0227	0,0063	0,0025
III 26, 2009	-0,0317	-0,0470	-0,0223	-0,0082	-0,0234
III 27, 2009	-0,0467	-0,0412	-0,0370	-0,0608	-0,0483
III 30, 2009	0,0575	0,0102	0,0325	0,0260	-0,0004
III 31, 2009	0,0274	0,0351	0,0152	0,0163	0,0157
IV 01, 2009	0,0631	0,0865	0,0493	0,0732	0,0574
IV 02, 2009	-0,0111	0,0064	0,0149	0,0032	0,0259
IV 03, 2009	-0,0223	0,0137	-0,0073	-0,0062	-0,0116
IV 06, 2009	-0,0256	-0,0382	-0,0386	-0,0078	-0,0313
IV 07, 2009	0,0116	0,0428	0,0403	0,0127	0,0285
IV 08, 2009	0,0420	0,0567	0,0240	0,0333	0,0311
IV 09, 2009	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0061
IV 10, 2009	0,0257	0,0128	0,0465	0,0171	0,0039
IV 14, 2009	-0,0147	0,0047	-0,0334	-0,0037	-0,0050
IV 15, 2009	0,0457	-0,0122	0,0139	0,0162	0,0102
IV 16, 2009	-0,0050	-0,0320	0,0375	0,0199	-0,0034
IV 17, 2009	-0,0395	-0,0397	-0,0447	-0,0484	4,5862
IV 20, 2009	0,0038	0,0018	-0,0018	-0,0018	-4,6237
IV 21, 2009	0,0297	0,0114	0,0026	0,0207	0,0117
IV 22, 2009	0,0223	-0,0027	-0,0047	-0,0214	0,0008
IV 23, 2009	0,0175	0,0269	0,0174	0,0296	0,0122
IV 24, 2009	0,0123	-0,0270	-0,0094	0,0038	-0,0062
IV 27, 2009	-0,0237	-0,0229	-0,0208	-0,0219	-0,0068
IV 28, 2009	0,0356	0,0435	0,0118	0,0251	0,0344
IV 29, 2009	0,0207	0,0241	0,0160	0,0162	0,0340
IV 30, 2009	0,0136	0,0450	0,0527	0,0197	0,0179
V 04, 2009	-0,0091	-0,0123	0,0274	-0,0018	0,0252
V 05, 2009	-0,0013	-0,0076	0,0090	0,0052	0,0154
V 06, 2009	-0,0076	0,0017	0,0128	-0,0268	0,0285
V 07, 2009	0,0444	-0,0041	-0,0104	0,0016	-0,0205
V 11, 2009	-0,0096	0,0184	-0,0128	-0,0071	0,0093
V 12, 2009	-0,0544	-0,0326	-0,0595	-0,0385	-0,0602
V 13, 2009	0,0241	-0,0060	0,0084	0,0039	-0,0181
V 14, 2009	0,0060	0,0040	0,0076	0,0018	0,0174
V 15, 2009	0,0241	0,0246	0,0176	0,0242	-0,0001
V 18, 2009	0,0240	0,0314	0,0256	0,0235	0,0188
V 19, 2009	-0,0022	0,0015	0,0303	0,0139	0,0280
V 20, 2009	-0,0035	-0,0326	0,0000	-0,0287	-0,0196
V 21, 2009	-0,0249	-0,0148	-0,0282	0,0050	-0,0036

V 22, 2009	0,0001	-0,0075	0,0059	-0,0020	-0,0025
V 25, 2009	0,0076	0,0046	-0,0128	0,0166	-0,0083
V 26, 2009	0,0140	0,0210	0,0015	0,0071	-0,0020
V 27, 2009	-0,0192	-0,0294	0,0002	-0,0167	-0,0080
V 28, 2009	0,0080	-0,0008	0,0339	0,0013	-0,0336
V 29, 2009	-0,0052	0,0725	0,0000	0,0435	0,0526
VI 01, 2009	0,0278	0,0173	0,0327	-0,0037	0,0099
VI 02, 2009	-0,0130	-0,0249	-0,0181	-0,0191	-0,0033
VI 03, 2009	0,0134	0,0174	-0,0090	-0,0008	0,0075
VI 04, 2009	0,0087	-0,0084	0,0176	0,0053	0,0156
VI 05, 2009	-0,0062	-0,0155	-0,0196	-0,0174	-0,0136
VI 08, 2009	-0,0056	0,0301	0,0137	-0,0033	0,0220
VI 09, 2009	0,0152	0,0201	0,0284	0,0124	0,0089
VI 10, 2009	0,0118	0,0090	0,0000	0,0106	-0,0034
VI 11, 2009	-0,0060	0,0154	-0,0010	-0,0045	-0,0062
VI 12, 2009	-0,0175	-0,0349	-0,0278	-0,0360	-0,0154
VI 15, 2009	-0,0086	-0,0101	-0,0123	-0,0018	-0,0063
VI 16, 2009	-0,0211	-0,0309	-0,0439	-0,0220	-0,0122
VI 17, 2009	0,0058	-0,0075	0,0027	0,0093	-0,0005
VI 18, 2009	0,0036	0,0264	0,0140	0,0041	0,0084
VI 19, 2009	-0,0254	-0,0830	-0,0498	-0,0322	-0,0356
VI 22, 2009	-0,0096	-0,0072	-0,0085	0,0030	-0,0167
VI 23, 2009	0,0138	0,0311	0,0501	0,0245	0,0181
VI 24, 2009	-0,0091	-0,0043	0,0005	-0,0043	-0,0083
VI 25, 2009	0,0005	0,0066	0,0009	-0,0069	0,0022
VI 26, 2009	0,0211	0,0097	0,0242	0,0265	-0,0018
VI 29, 2009	-0,0123	0,0051	-0,0069	-0,0141	0,0103
VI 30, 2009	0,0135	0,0334	0,0226	0,0216	0,0030
VII 01, 2009	-0,0205	-0,0223	-0,0194	-0,0377	-0,0133
VII 02, 2009	-0,0040	-0,0038	-0,0122	-0,0048	-0,0125
VII 03, 2009	-0,0200	-0,0224	-0,0209	-0,0240	0,0024
VII 07, 2009	-0,0175	-0,0051	-0,0245	-0,0057	0,0043
VII 08, 2009	0,0018	0,0267	-0,0009	0,0118	0,0085
VII 09, 2009	-0,0044	-0,0194	-0,0026	-0,0114	-0,0024
VII 10, 2009	0,0175	0,0064	0,0193	0,0328	0,0184
VII 13, 2009	0,0124	0,0346	0,0275	0,0159	0,0224
VII 14, 2009	0,0247	0,0347	0,0243	0,0300	0,0168
VII 15, 2009	0,0078	-0,0118	0,0140	0,0061	-0,0034

...